

# **VALORACIÓN CLÍNICA, POR LA IMAGEN Y BIOMECÁNICA DE 20 PACIENTES INTERVENIDOS CON ARTRODESIS DE TOBILLO**

## **TESIS DOCTORAL**

**ADELA FUENTES SANZ**

Licenciada en Medicina y Cirugía

### **Directores**

Prof. Francisco Forriol Campos

Dr. Felipe López - Oliva Muñoz

### **Tutor**

Prof. Enrique Gómez Barrena

**Universidad Autónoma de Madrid**

**Facultad de Medicina**

**Departamento de Cirugía**

**2010**





D Francisco Forriol Campos, especialista en Traumatología y Cirugía Ortopédica, Doctor en medicina, Profesor Titular de Universidad en excedencia y Director de Investigación del Hospital FREMAP de Majadahonda y D Felipe López - Oliva Muñoz, especialista en Traumatología y Cirugía Ortopédica, Doctor en medicina, del Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, de la Fundación Jiménez Díaz, de Madrid,

#### CERTIFICAN

Que D<sup>a</sup> Adela Fuentes Sanz, Licenciada en Medicina y Cirugía por la Universidad Complutense de Madrid, ha realizado la presente Tesis Doctoral en el Hospital FREMAP de Majadahonda, bajo nuestra tutela y dirección,

Y para que conste, firmamos la presente en Madrid, a 2 de febrero de 2010

Francisco Forriol Campos

Felipe López-Oliva Muñoz



*a mis padres*



## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar quiero, y debo, agradecer a FREMAP Mutua de Accidentes, la oportunidad dada para realizar un trabajo de investigación, compaginado con mi actividad asistencial en el Hospital de Majadahonda. Espero sea el comienzo de una relación con la investigación.

Al doctor Felipe López - Oliva y al profesor Francisco Forriol Campos, por su dirección y apoyo en todo momento para la realización de esta tesis. Al profesor Enrique Gómez Barrena por todas las facilidades dadas para defender este proyecto en la Universidad Autónoma de Madrid.

A los servicios de Rehabilitación y Radiología del Hospital FREMAP de Majadahonda por su ayuda y generosidad en la realización de las pruebas en el Laboratorio de Biomecánica y el estudio por la imagen.

A todos mis compañeros del hospital por su apoyo y estímulo durante estos años de trabajo

A mis padres, ejemplo de sacrificio por su apoyo y aliento en la realización de este estudio. Ellos estimularon mi interés por la medicina y me han ayudado, siempre a continuar con la formación médica.

Finalmente a mi esposo y a mis dos hijas por su paciencia, apoyo, comprensión y empuje para terminar lo propuesto. Ellos han sido los que han tenido que soportar la parte más ingrata de nuestro estudio.



# ÍNDICE





1 -	Resumen	13
2 -	Introducción	15
	a. Recuerdo anatómico de la articulación del tobillo	18
	b. Marcha normal y en la artrodesis de tobillo	24
	c. Indicaciones y cirugía de la artrodesis de tobillo	45
	d. Posición de fijación en la artrodesis de tobillo	49
	e. Complicaciones de la artrodesis de tobillo	53
3 -	Hipótesis y objetivos	55
4 -	Pacientes y metodología	59
	a. Valoración clínica	66
	b. Estudios de imagen	74
	c. Estudio biomecánico	76
	d. Estudio estadístico	80
5 -	Resultados globales	
	a. Análisis general de resultados	81
	b. Análisis de la población estudiada	86
	c. Valoración de la escala SF-36	94
	d. Resultados conjuntos escala AOFAS y Mazur	113
	e. Resultados biomecánica marcha	125
6 -	Presentación de los casos clínicos	145
8 -	Discusión	227
9 -	Conclusiones	255
10 -	Bibliografía	259
11 -	Anexos	281
	a. Anexo I: Escala SF-36	
	b. Anexo II: Valoración del tobillo (Mazur et al)	
	c. Anexo III: Valoración del tobillo AOFAS	
	d. Anexo IV: Carta de consentimiento	
	e. Anexo V: Aportaciones científicas	



## RESUMEN

El objetivo del estudio es analizar los resultados funcionales de la artrodesis de tobillo de larga evolución y estudiar la biomecánica de la marcha y del apoyo en el lado intervenido comparado con el sano.

Se analizaron 20 pacientes (18 hombres y 2 mujeres) intervenidos con una artrodesis de tobillo, 16 del lado derecho y 4 del izquierdo, todas ellas de causa postraumática, por fracturas del pilón tibial o fracturas graves de los huesos proximales del tarso y sin otras patologías en miembros inferiores. La edad media fue de 40 años (26 - 54) y el peso medio de 89 kg (54 – 117 kg). Se realizó una exploración clínica, funcional y pruebas de imagen. Además se realizaron dos valoraciones funcionales (Mazur, AOFAS) y otro de calidad de vida (SF-36), después de un mínimo de 3 años de evolución. Se efectuó un estudio cinemático y cinético de la marcha obteniendo los datos de movimiento articular tridimensional de las articulaciones de la extremidad inferior y los parámetros de la cinética de marcha. Por último se estudiaron las presiones de apoyo plantar del pie operado y el pie contralateral.

Los resultados obtenidos con la escala de Mazur fue 49,26 puntos, con la AOFAS, 49,89 y con el SF-36, 43,3 puntos. El EVA fue de 4,1. La cinemática demostró una movilidad de la articulación del tobillo inferior en el lado contralateral pero evidente por la compensación del movimiento de las articulaciones vecinas. No vimos diferencias entre el lado intervenido y el contralateral, únicamente en el punto de cambio de dirección de las fuerzas anteriores a posteriores (41,67% en lado no artrodesado y 50,37% en el artrodesado) ( $p < 0,067$ ). Las presiones fueron mayores en el medio pie y en el centro del antepie de los pies artrodesados que en el contralateral.

Los pacientes con una artrodesis de tobillo presentan una buena respuesta subjetiva con las escalas de calidad de vida y pocas alteraciones biomecánicas, a pesar de la baja puntuación en las escalas de valoración específicas del tobillo y la escala del dolor (EVA).

## ABSTRACT

Ankle fusion is a salvage procedure for the treatment of post-traumatic end-stage ankle arthritis. The aim of this study is to compare and analyzed the functional results of large outcome ankle arthrodesis through both kinetic and kinematical motion study and plantar support study.

We studied 20 patients (18 males and 2 females) with post-traumatic ankle arthrodesis (16 right side and 4 left side) with a minimum follow up of three years (3-9 years). No other lower extremity pathologies were associated. Average age was 40 years (26 - 54 yrs.) and average weight 89 kg (54-117 Kg). We performed physical, functional and image examination (X-Rays and CT scan). In order to objectify the results we used SF-36, AOFAS (max 90 points) and Mazur scores (max. 97 points). Kinetic parameters of motion with two force plates (Kistler, Switzerland) and pedography (Emed, Novel, Munich, Germany) were obtained. Kinematic data were obtained with a 3-D video analysis system (Clima system, STT, San Sebastian, Spain). A statistical descriptive study was performed to know the grade of patients' satisfaction and to analyze the range of motion (ROM) and reaction force of the limbs. Both sides were compared.

Results obtained with Mazur scale were 49,26 points (14 – 83), 49,89 points AOFAS scale (22 - 84), 43,3 points SF-36 (29 –68). Pain score (VAS) was 4.1 points. Image analysis of all patients showed an adequate fracture consolidation and a correct ankle position. Kinematical study expressed a lower ROM in the fusion ankle than in the healthy one, basically due to the neighbouring joints movement compensation. Regarding motion parameters we only found differences at the anterior-posterior force switch direction point (41,67% of the healthy foot step and 50,37% in the fusion foot step). Support time was greater in fusion ankle than in healthy one. Midfoot and centre forefoot pressures resulted greater in fusion feet.

Patients with ankle arthrodesis show a good subjective outcome in the quality life scales and few mechanical alterations despite of the low score of the ankle and pain specific rating scales.

# INTRODUCCIÓN



El tratamiento de la artrosis postraumática es uno de los aspectos más controvertidos y debatidos en la cirugía ortopédica del tobillo. Incluso en la era de las prótesis, la artrodesis de tobillo tiene un lugar entre las posibilidades clínicas, ya que en los casos de articulaciones dolorosas, con una alteración de la posición y con marcada limitación de la movilidad, este tratamiento lleva rápidamente a una estabilidad y a una capacidad de apoyo sin dolor. Las artrodesis en el pie deben entenderse, como acciones para normalizar el apoyo y suprimir el dolor (1,2). Siguiendo a Sanchís Olmos (3) consideramos que las artrodesis son “aquellas operaciones quirúrgicas destinadas a bloquear totalmente una articulación, suprimiendo por completo la movilidad articular de la misma. Es un concepto funcional, no anatómico, y su finalidad es puramente mecánica” por lo que Vaquero González (4) consideraba que “es una intervención movilizadora”.

El procedimiento de fijación del tobillo, fue descrito por Albert, en 1879, para tratar el pie en equino en una niña, de 11 años de edad, con parálisis. A partir de entonces, se han descrito muchas técnicas con la finalidad de conseguir la más adecuada y aquella que permita mejores resultados en un plazo menor de tiempo. Uno de los mayores aportes a la técnica quirúrgica fue la introducción del principio de compresión interfragmentaria descrito por Charnley (5), en 1951, basado en otro sistema similar utilizado años antes en la rodilla, para mejorar la estabilidad y disminuir el riesgo de falta de consolidación. Posteriormente, Sanchís Olmos (3), en 1953, modificó la técnica adelantándose a su tiempo, evitando la gran vía de abordaje anterior utilizada, propugnando dos vías laterales más pequeñas, una interna y otra externa. El sistema de fijación externo de Charnley era uniplanar y no permitía la estabilidad rotatoria por lo que Calandruccio (6) diseñó un marco triangular para conseguir la compresión y el control de la movilidad en los tres planos que fue posteriormente modificado. Dado el buen resultado de la artrodesis de tobillo, las indicaciones aumentaron con los años para corregir las deformidades, prevenir la inestabilidad y eliminar el dolor (7).

En la articulación del tobillo se localizan lesiones traumáticas de diversa índole. Los traumatismos de baja energía (entorsis, contusiones) presentan escasas secuelas y poca repercusión sobre el cartílago articular. Sin embargo, los traumatismos de alta energía (fracturas maleolares, fracturas de astrágalo o de pilón tibial) pueden derivar, con frecuencia, en una afectación condral de curso progresivo condicionado por el dolor y la limitación funcional. Los traumatismos de alta energía son los que se han asociado con el desarrollo de la artrosis (8,9) que se ve precipitado por las cargas excéntricas, por la deformidad angular (10) de forma crónica. Las fracturas asociadas con una reducción no anatómica del maleolo posterior son las que tienen mayores posibilidades de desarrollarla (9-15). También la inestabilidad crónica lateral del tobillo produce cambios degenerativos mediales (9,16). Estas alteraciones producen una destrucción irreversible del cartílago tibio - astragalino, incongruencia articular y reducción del espacio articular que llevan a la aparición de dolor y deformidad.

La artrodesis de tobillo es el tratamiento primario para muchos tobillos que no responden al tratamiento conservador. Tiene inconvenientes como son la inmovilización prolongada, un índice elevado de pseudoartrosis y sollicitaciones excesivas sobre las articulaciones vecinas (17-20). Sin embargo, el objetivo de una artrodesis de tobillo es lograr un pie plantígrado, sin dolor y estable.

### **Recuerdo anatómico de la articulación del tobillo**

La articulación del tobillo tiene una alta demanda de carga, debe aguantar todo el peso corporal, sobre una superficie articular pequeña, por lo que las presiones sobre el cartílago son grandes. Es la articulación del esqueleto que soporta más carga, a excepción de la primera metatarso-falángica del pie, llegando a soportar entre 5 y 7 veces el peso corporal en la fase final del ciclo de la marcha (21). Unas fuerzas grandes si lo comparamos con las 3 - 4 veces que soporta la rodilla o las 2 – 3 veces de la cadera. Sin embargo, la prevalencia de artrosis del tobillo es aproximadamente nueve veces menor que en la rodilla o en la cadera debido a sus características biomecánicas y anatómicas (22). Además,



aunque es una articulación muy estable y sólo tiene movilidad en el plano sagital debe adaptarse a la irregularidad del terreno y a diferentes posiciones de apoyo gracias a las articulaciones del tarso (23,24) .

La extensión de la superficie articular del tobillo es similar a la de la rodilla y la cadera, pero la superficie de contacto durante la carga es sólo de un tercio de las otras articulaciones mencionadas ( $350 \text{ mm}^2$  frente a  $1.100 \text{ mm}^2$ ). Es una articulación congruente recubierta con una fina capa de cartílago. El grosor medio del cartílago articular de tobillo es de unos 1,6 mm, en comparación con los 6 - 8 mm de la rodilla (25-27).

La articulación subastragalina o calcáneo-astragalina es la primera de las articulaciones implicadas en el movimiento del tobillo, posición del retropié y en el movimiento en el plano frontal (28-31).

La llamada mortaja tibio – peronea está formada por la zona más distal de los huesos de la pierna. Por parte de la tibia intervienen dos superficies articulares, la cara inferior de su extremidad distal que, al igual que la tróclea astragalina, es más ancha por delante que por detrás, y la cara externa del maléolo tibial para articularse con la cara interna del astrágalo. Esta articulación es una artrodia con muy poca movilidad y desprovista de cápsula (12,32).

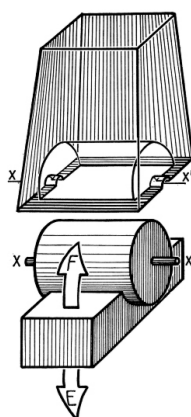


Figura 1. Esquema de la articulación tibio-astrágalo- calcánea (según Kapandji)

Los dos maleolos son ligeramente divergentes en su porción anterior para adaptarse a la parte anterior de la tróclea astragalina, siendo también los planos que pasan por las carillas articulares de ambos maleolos convergentes hacia atrás. El maleolo tibial se halla poco

desarrollado y su principal acción mecánica es mantener las fuerzas de tracción que llegan a través del ligamento deltoideo. Por su parte, el maleolo peroneo es mucho más voluminoso y distal que el interno y encaja con la amplia carilla articular del astrágalo. Trabaja a compresión impidiendo que el talón se derrumbe en valgo. Por todo esto, la mortaja tibio-peronea se adapta exactamente con la tróclea astragalina. Tiene forma de un semicilindro de 65°, es decir, cubre más de la mitad de la superficie troclear, lo que le confiere una gran estabilidad a la articulación (12,32-37).

La anatomía ósea, los ligamentos y la cápsula articular orientan y restringen el movimiento entre el astrágalo y la mortaja articular del tobillo de tal modo que el astrágalo tiene un eje de rotación cambiante cuando pasa de la dorsi-flexión máxima a la flexión plantar máxima con respecto a la mortaja (12,38).

La movilidad primaria de la articulación del tobillo se desarrolla en el plano sagital con un arco o rango de flexo-extensión medio de 43° a 63°, y sólo 30° de este arco son necesarios para conseguir una marcha estable (10° de flexión dorsal y 20° de flexión plantar). También es importante la rotación de 10° del astrágalo dentro de la mortaja del tobillo, ya que convierte a ésta articulación en biplanar (39,40).

El astrágalo y la mortaja se ensanchan ligeramente en el eje ántero-posterior y cuando el tobillo está en flexión dorsal, la porción más estrecha del astrágalo reposa en la mortaja del tobillo y permite el movimiento de rotación entre el astrágalo y la mortaja (33-35).

Por el contrario, cuando el tobillo está en flexión plantar máxima, por la mayor anchura del astrágalo, la sindesmosis tibio-peronea se abre y la posición más ancha de la superficie articular del astrágalo bloquea la mortaja del tobillo impidiendo la rotación entre el astrágalo y la mortaja. La superficie de contacto es máxima en eversión y flexión dorsal y mínima en inversión y flexión plantar. El eje de flexión es oblicuo y pasa por la punta de los dos maléolos (12,33,35,41).

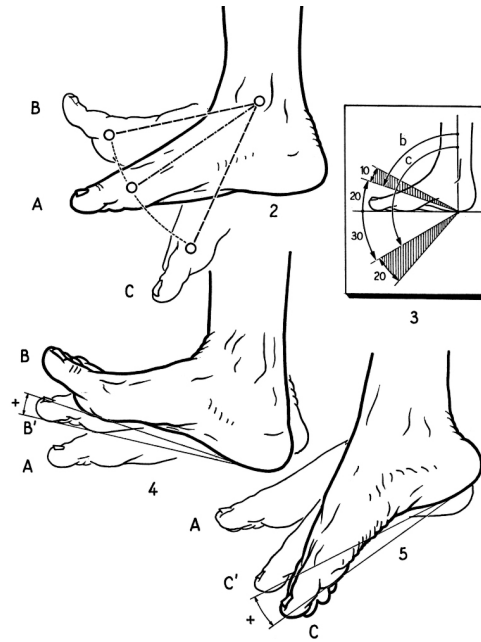


Figura 2. Movimientos de la articulación del tobillo (según Kapandji)

La tróclea astragalina tiene forma de un segmento de cilindro de alrededor de  $105^\circ$ . En el plano horizontal es más ancha por delante que por detrás. La mayoría de los autores coinciden que la parte anterior es de 4 a 6 mm más ancha que la posterior. Debido a esta forma en cuña de la tróclea, los planos que pasan por sus bordes laterales son convergentes hacia atrás formando un ángulo abierto hacia delante de  $5^\circ$ . Vista por su parte superior, la superficie de la tróclea es ligeramente acalanada, lo que contribuye a su estabilidad dentro de la mortaja (25,39,40).

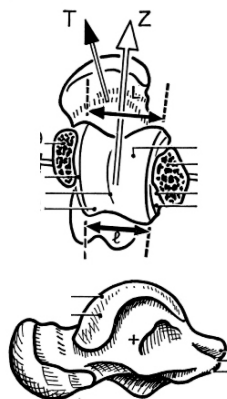


Figura 3. Morfología de la tróclea astragalina (visión superior y lateral (según Kapandji)

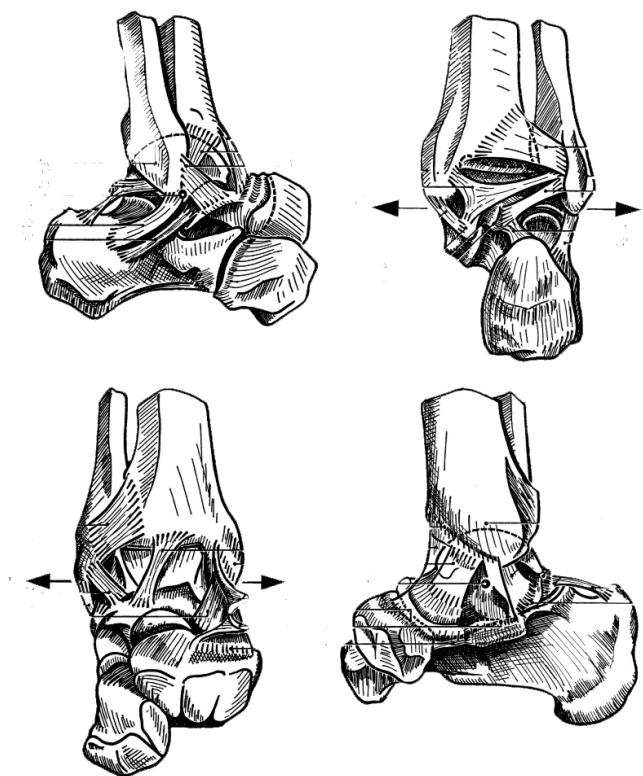


Figura 4. Ligamentos de la articulación del tobillo (según Kapandji)

En el plano longitudinal, las caras laterales son muy diferentes, la interna se halla poco desarrollada y su arco total es ligeramente inferior al de la externa. Esta última es más amplia y su arco es superior, siendo también el radio de la curvatura mayor que el de la interna. Esta diferencia entre la porción externa e interna de la tróclea hace que en su conjunto no forme un cilindro perfecto, sino más bien un tronco de cono con el vértice hacia la parte interna (30,37). Esta forma determina que cuando existe un movimiento de flexo-extensión en el plano sagital, existe otro de aducción-abducción en el plano transversal.

#### Articulación tibio-tarsiana

Es una articulación troclear que presenta cápsula y ligamentos. De éstos, los más importante son los laterales. La cápsula articular es más gruesa por delante que por detrás, se inserta en la tibia y el peroné en el límite de las superficies articulares sobrepasando en unos milímetros la cara anterior del pilón tibial. En el astrágalo se inserta también en el

límite de la superficie articular, excepto en la cara anterior donde se inserta en el cuello del astrágalo (12,25).

El ligamento lateral externo está compuesto por tres fascículos, peroneo-astragilino anterior, se extiende desde el borde anterior del maléolo peroneo a la cara externa del cuello del astrágalo; peroneo-astragilino posterior que se extiende horizontalmente desde la fosita interna del maléolo externo hasta el tubérculo externo de la cara posterior del astrágalo y peroneo-calcáneo que desciende verticalmente desde el borde anterior y cara externa del maleolo peroneo a la cara externa del calcáneo, por encima y detrás del tubérculo de los peroneos.

El ligamento lateral interno es el más resistente y se compone de dos planos. El plano profundo, tibioastragalino, está formado por dos fascículos, fascículo anterior, desde el borde anterior del maléolo tibial a la parte interna del cuello del astrágalo y el fascículo posterior, oblicuo hacia atrás, desde la parte inferior del maléolo tibial al tubérculo interno de la cara posterior del astrágalo (42).

En el plano superficial, el ligamento interno es constituido por las fibras superficiales, también llamadas ligamento deltoideo, que se extiende como un abanico desde el borde anterior del maleolo tibial a la cara superior del escafoides, el borde interno del ligamento glenoideo y el borde libre del *sustentaculum tali*.

Los ligamentos anterior y posterior revisten poca importancia. Son refuerzos inconstantes de la cápsula. El ligamento peroneo-astrágalo-calcáneo se encuentra en la parte posterior de la articulación, desde el borde posterior del maleolo peroneo hasta el tubérculo externo de la cara posterior del astrágalo y la cara superior de la parte posterior del calcáneo. Es un refuerzo de la aponeurosis posterior. La articulación subastragalina está estabilizada por los ligamentos calcáneo - maleolares y el ligamento calcáneo - astragalino (39).

## **La marcha normal**

### *La marcha, el paradigma de la coordinación de la postura y del movimiento voluntario*

La biomecánica del pie y tobillo es compleja y ambas están asociadas. El pie es una parte mecánica integral de la extremidad inferior y necesaria para una marcha suave y estable. El tobillo transfiere la carga de la extremidad inferior al pie e influye íntimamente en la orientación del pie con el suelo.

Actúa como una plataforma de soporte estructural capaz de aguantar cargas repetidas de múltiplos del peso corporal y de ajustarse a diferentes superficies de suelo y variar las velocidades de locomoción.

El movimiento activo del pie en carga difiere de la movilidad pasiva porque las fuerzas producidas por el peso del cuerpo y por la contracción muscular actúan estabilizando las articulaciones. Generalmente, el movimiento funcional activo del pie durante la marcha tiende a ser menor que el movimiento pasivo.

La inversión subastragalina activa puede demostrarse viendo la orientación del tobillo, desde atrás, mientras pedimos al paciente que se eleve sobre sus dedos. La rotación externa de la pierna en carga sobre el pie, causa la inversión del talón y la pronación del antepié aumentando de ésta manera el arco. La rotación interna de la pierna tiene el efecto contrario: disminuye el arco (12,28,43,44).

La locomoción es la capacidad de los animales para desplazarse activamente en el espacio, la función orgánica que caracteriza la vida de los animales pues permite su supervivencia. La locomoción constituye un conjunto de movimientos que se acompañan de múltiples actividades vitales. Los animales están adaptados para desplazarse en su medio, agua, aire o tierra, y en cada uno de ellos de manera diferente.

Todas las formas de locomoción buscan producir una fuerza de reacción en el medio regidas por las leyes de la física. Un animal en reposo tiende a permanecer en reposo (primera ley de Newton o principio de la inercia). Por el contrario, si una fuerza actúa contra su medio, en respuesta el medio ejerce una fuerza contraria (tercera ley de Newton o

principio de acción – reacción) y, además, lo acelera (segunda ley de Newton o principio fundamental).

La anatomía del cuerpo humano se puede considerar como un conjunto de palancas que se accionan por las fuerzas desarrolladas por sus propios músculos que determinan nuestra manera de movernos y desplazarnos. La anatomía restringe y dirige la movilidad. Por otra parte, la anatomía comparada muestra las diferentes posibilidades de locomoción en el mundo animal. Pequeñas modificaciones en la estructura anatómica produce grandes cambios en los movimientos. Sin embargo, nos debemos centrar en el hombre, el único animal bípedo cuya anatomía está enfocada a mantener la postura erecta, con un predominio de la musculatura del tren inferior sobre el superior. En el hombre, a diferencia de otros animales, hay una asimetría y diferenciación anatómica y funcional entre los miembros inferiores y los superiores. Los miembros inferiores, potentes, estables y vastos, con huesos, articulaciones y músculos mayores para controlar los desplazamientos y soportar el peso. Por el contrario, los miembros superiores con articulaciones y músculos finos, están diseñados para la manipulación en cualquier punto del espacio. La mano y el pie en los primates muestran pocas diferencias, en el hombre cada extremidad está diseñada para una función determinada (45).

Es un periodo cíclico que requiere la coordinación motora y muscular para controlar las fuerzas de la gravedad, que son las principales fuerzas motrices para hacer progresar el cuerpo y asegurar el movimiento de los miembros inferiores que contribuyen al equilibrio. No podemos olvidar el balanceo de los miembros superiores y la posición del tronco para optimizar la marcha.

Los estudios sobre la locomoción humana hacen referencia a las extremidades inferiores, olvidando, en ocasiones, el tronco, las extremidades superiores y la cabeza que suelen considerarse en la mayoría de los modelos como una unidad. Si fuese cierto que la marcha se basa fundamentalmente en los miembros inferiores, los corredores de velocidad deberían presentar un mayor desarrollo de la mitad inferior de

su cuerpo con relación a la mitad superior y, sin embargo, son los atletas con mayor desarrollo del tronco y de las extremidades superiores.

El desarrollo humano del músculo glúteo mayor, el mayor músculo del cuerpo, es una consecuencia del bipedismo pues mantiene el tronco erguido evitando la caída que por la inercia, en cada zancada, inclina el cuerpo hacia delante. También la pelvis humana presenta un hueso iliaco corto para acortar, a su vez, el tronco y descender el centro de gravedad y aproximarlos a la articulación de la cadera disponiendo así de un brazo de palanca pequeño para evitar la fatiga del músculo glúteo mayor. La actividad de este músculo aumenta con la velocidad de la marcha.

#### *El estudio del movimiento*

El estudio de los movimientos se puede hacer desde dos perspectivas, la cinética, estudio de las fuerzas que se producen durante la marcha, o la cinemática, estudio de la dinámica de los movimientos sin ocuparse de las fuerzas que lo originan.

Los movimientos también pueden estudiarse fisiológicamente para establecer el gasto energético que producen, el consumo máximo de oxígeno que requieren o el tiempo de recuperación que precisan. Pero este aspecto es de mayor interés para la actividad deportiva que para la ortopedia.

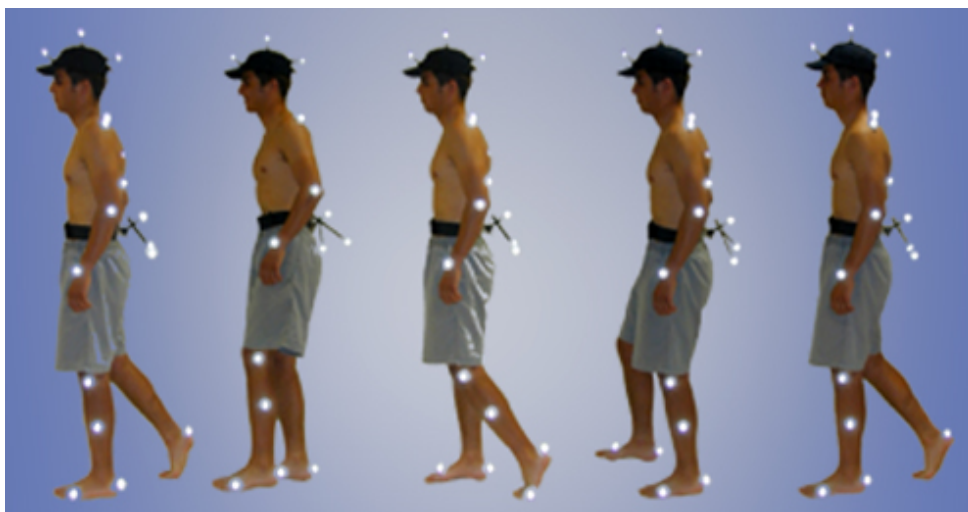


Figura 5. Sistema de puntos reflectantes de captura en el sistema STT (Clima).



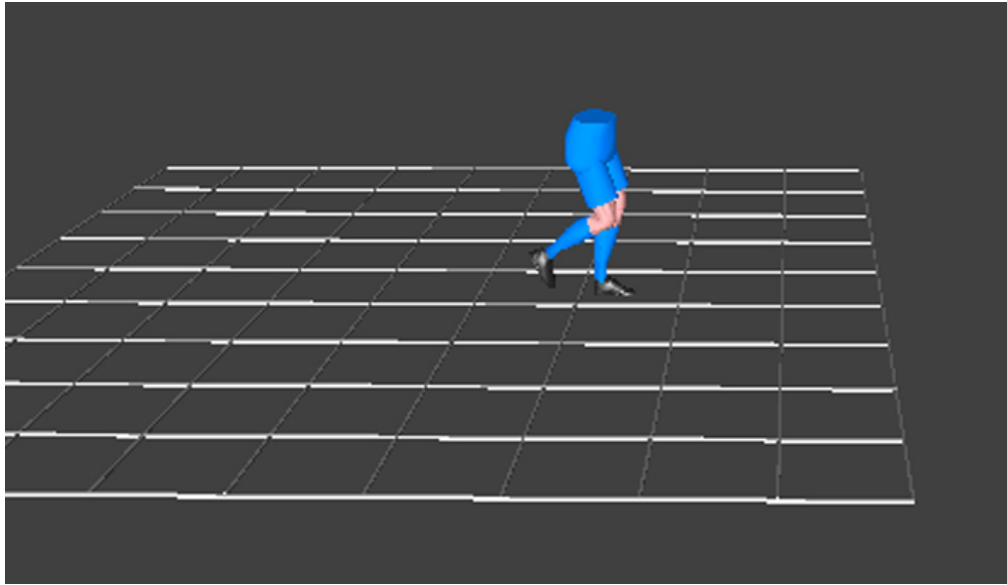


Figura 6. Resultados del análisis cinemático de la marcha en un paciente artrodesado. Superior: modelo de reconstrucción tridimensional de la marcha. Inferior izquierda: imagen de cada una de las cámaras de vídeo. Inferior derecha: análisis segmentario del estudio

Para el análisis cinético se precisan de plataformas de fuerza, para el estudio cinemático se aplican puntos reflectantes que son recogidos por un número determinado de cámaras, entre 3 y 8, para ser analizados por un ordenador. En los últimos años estos laboratorios se han simplificado y un ordenador convencional puede controlar todos los estudios de un laboratorio de marcha. Las plataformas de fuerza ofrecen una gráfica de fuerzas en el tiempo durante un apoyo. El apoyo según sea

durante el paso, la carrera o el salto presentará una gráfica diferente (46). Las imágenes obtenidas con las diferentes cámaras de vídeo recogen los puntos reflectantes desde diferentes sitios, de manera que siempre debe haber dos o tres cámaras que recojan una señal luminosa (Figura 5).

A partir de su análisis automatizado se conocerán las velocidades angulares y los movimientos articulares en los tres ejes del espacio sincronizada con las fuerzas (Figura 6).

Además de la marcha, estos laboratorios estudian las características biomecánicas de los movimientos articulares y de las fuerzas musculares. La electromiografía, los acelerómetros, goniómetros o isocinéticos son buenos complementos para efectuar protocolos de valoración corporal. También se deben considerar las plantillas instrumentadas o plataformas de presiones, equipos instrumentados con sensores de presión que establecen las fuerzas por unidad de superficie que efectúa la superficie plantar durante la marcha.

### **El ciclo de marcha**

La marcha es la actividad básica del movimiento, característica y propia del hombre. Sin embargo, no por ello deja de ser un movimiento complejo que asegura el desplazamiento del cuerpo por el campo gravitatorio terrestre y que se complica cuando la superficie de desplazamiento no es la adecuada (47).

La marcha es un movimiento automatizado, a partir de un acto intencionado, que pasa de un estado casi estático a un estado dinámico y, como todo movimiento voluntario, controlado por el sistema nervioso central que lo adapta a las condiciones externas impuestas por el medio (fuerza de gravedad y de reacción del apoyo corporal), como de las componentes internas (composición corporal, distribución de los segmentos corporales) y de las características de la inercia, las fuerzas de la contracción muscular implicadas en las complejas interacciones entre los factores biomecánicos y neurofisiológicos.

La marcha y todo el sistema locomotor del hombre tiene un desarrollo, madura. Es fácil de recordar la evolución postural del niño y la

importancia del gateo hasta que adquiere la posición bípeda, después de desarrollar la musculatura y los órganos del equilibrio. Las oscilaciones iniciales de la marcha del niño se controlan progresivamente acompañando el desarrollo del esqueleto.

#### *Nomenclatura en el estudio de la marcha*

- Ciclo de la marcha: intervalo comprendido entre dos choques de talón sucesivos de un mismo pie con el suelo. Un ciclo consta de dos pasos. Se mide en segundos.

- Período de apoyo: Parte del ciclo en que el pie contacta con el suelo. El peso del sujeto que anda se descarga sobre ese pie. Se mide en segundos.

- Período de oscilación: parte del ciclo en el que el pie no contacta con el suelo. El miembro inferior avanza hacia delante sin soportar peso. Para avanzar debe flexionar y extender el miembro inferior. Se mide en segundos.

- Doble apoyo: parte del ciclo en la que ambos pies contactan simultáneamente con el suelo. Se mide en segundos.

- Apoyo monopodal o unilateral un solo pie está en contacto con el suelo. Se mide en segundos.

- Velocidad de marcha: distancia que recorre el cuerpo hacia delante en la unidad de tiempo. Se mide en centímetros o metros por segundo. Está en relación con la longitud de las extremidades inferiores.

- Cadencia de la marcha: es el numero de ciclos o pasos por unidad de tiempo. Se mide en ciclos o pasos por minuto o pasos por segundo. Lo normal son alrededor de 115 pasos por minuto. Aumenta con el uso del tacón alto.

- Longitud del ciclo: distancia entre dos choques consecutivos de talón de un mismo pie. Se mide en metros o centímetros

- Longitud del paso: distancia entre ambos pies cuando contactan con el suelo. Se mide en centímetros; disminuye con el tacón alto.

- Choque del talón: momento en que el tacón contacta con el suelo. Marca el principio y el final del ciclo.

- Despegue del primer dedo: momento en que el dedo gordo deja de contactar con el suelo. Marca el final del período de apoyo y el principio del período de oscilación.

### *El ciclo de la marcha*

El ciclo de marcha se divide en porcentajes para relacionar cualquier evento con la duración total del ciclo y comparar fenómenos de duraciones diferentes y personas de diferentes condiciones (Figura 7). Comprende una fase de apoyo (62%) y otra de oscilación (38%). La fase de apoyo se divide en el contacto inicial con el talón, apoyo monopodal y despegue de los dedos. La fase de oscilación, a su vez, se divide en las fases de aceleración, elevación del pie y deceleración.

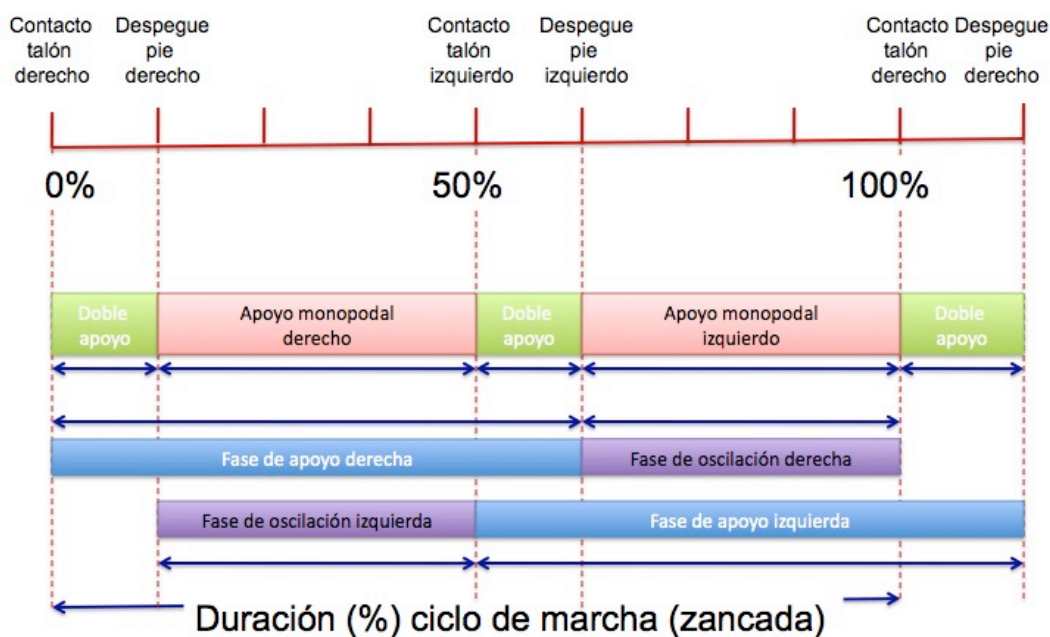


Figura 7. División del ciclo de marcha expresado en porcentaje

La parte de la fase de apoyo que se produce con ambos pies sobre el suelo se llama doble apoyo y tiene lugar en los 12% iniciales y finales de la fase de apoyo. Hay que destacar que a medida que aumenta la velocidad de marcha, disminuye el tiempo del doble apoyo, el cual

desaparece en la carrera. En el curso de ésta los dos pies nunca contactan simultáneamente con el suelo.

#### *Tiempos de la marcha*

- Primer doble apoyo: se caracteriza porque los dos pies contactan con el suelo: uno está iniciando el contacto con el talón mientras que el otro, próximo a la fase de despegue, se apoya por la cabeza del primer metatarsiano y el pulpejo del dedo gordo (48).

- Primer apoyo monopodal: el pie que en el tiempo anterior sólo se apoyaba por el dedo gordo ha despegado del suelo e inicia su período de oscilación. El peso del cuerpo, por tanto, recae en una sola extremidad. El momento en que la pierna oscilante pasa a la altura de la pierna que soporta el peso del cuerpo se denomina “paso de la vertical” y divide el período de oscilación en dos fases, según si la pierna péndulo se encuentra por detrás o por delante del eje de gravedad del cuerpo (41).

- Segundo doble apoyo: es simétrico al primer doble apoyo, pero aquí el pie que antes despegaba es el que ahora contacta con el talón finalizando su período de oscilación. El otro pie se encuentra apoyado por el dedo gordo, preparándose para el despegue.

- Segundo apoyo monopodal: es simétrico al segundo tiempo pero con los pies cambiados: el que antes estaba en período de oscilación ahora se encuentra en período de apoyo y viceversa. Durante los períodos de doble apoyo se realiza la transmisión del peso de una pierna a otra.

Se denomina doble apoyo posterior o de empuje cuando el pie tomado como referencia está en situación posterior. En ésta posición del pie, apoyado por su parte anterior, está acelerando el cuerpo hacia delante. El doble apoyo anterior o de frenado es cuando el pie tomado como referencia está en situación anterior. En ésta posición el pie, apoyado por el talón está frenando la aceleración del cuerpo hacia delante.

#### *Cinématica de la marcha*

Los hombres normales tienen una media de velocidad de marcha de 82 m/min y de 58 contactos de talón/min (49). Correr se define como

una velocidad de marcha que supera los 201 m/min. A esta velocidad, el doble apoyo desaparece y se desarrolla una fase de flotación en la cual ambos pies no contactan con el suelo.

Durante la marcha normal, toda la extremidad inferior rota internamente durante el primer 15% de la fase de apoyo. Desde el contacto de talón las articulaciones subastragalinas se mueven hacia la eversión, el pie hacia la pronación, y el antepié se vuelve flexible para absorber el impacto y adaptarse a las irregularidades en la superficie del suelo. Las articulaciones subastragalinas hacen eversión debido, en parte, a que el punto de contacto del talón es lateral al centro de la articulación del tobillo, produciendo por ello un impulso de valgo sobre la articulación subastragalina. En la mitad de la fase de apoyo y en el despegue, toda la extremidad inferior cambia el movimiento y rota externamente a medida que la articulación subastragalina realiza una inversión (Figura 8).

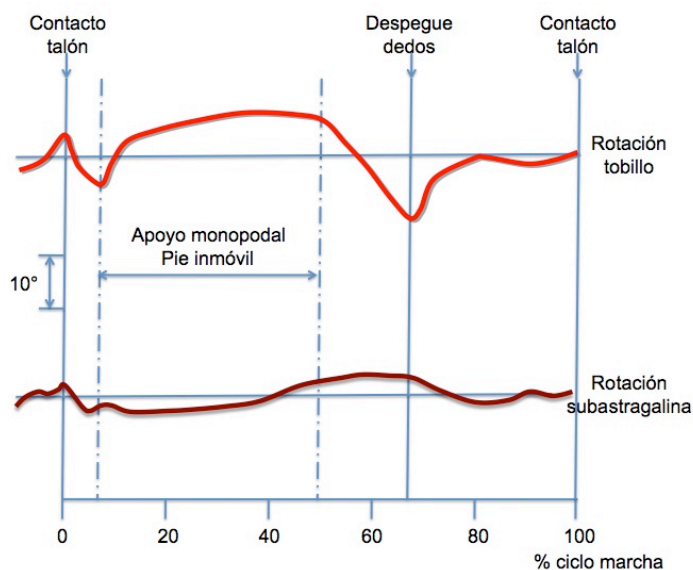


Figura 8. Rotaciones del tobillo y de la articulación subastragalina durante el ciclo de marcha.

Con la inversión de la articulación subastragalina y la supinación del pie, el pie se transforma en una estructura rígida capaz de propulsar (50). Olerud y Rosendahl (51) y Lundberg et al (34) midieron el acoplamiento de la rotación tibial al movimiento subastragalino,

demostrando que el pie supina  $1^\circ$  por cada  $0,2$  a  $0,44^\circ$  de rotación externa de la tibia. Mann (12), por su parte, atribuyó la rotación interna de la extremidad inferior en el inicio de la fase de apoyo a la oblicuidad del eje general de la articulación del tobillo que se angula hacia abajo y posteriormente de medial a lateral  $82^\circ$ . Debido a esta oblicuidad, la pierna rota internamente con la flexión dorsal del tobillo y rota externamente con la flexión plantar del tobillo (Figura 9).

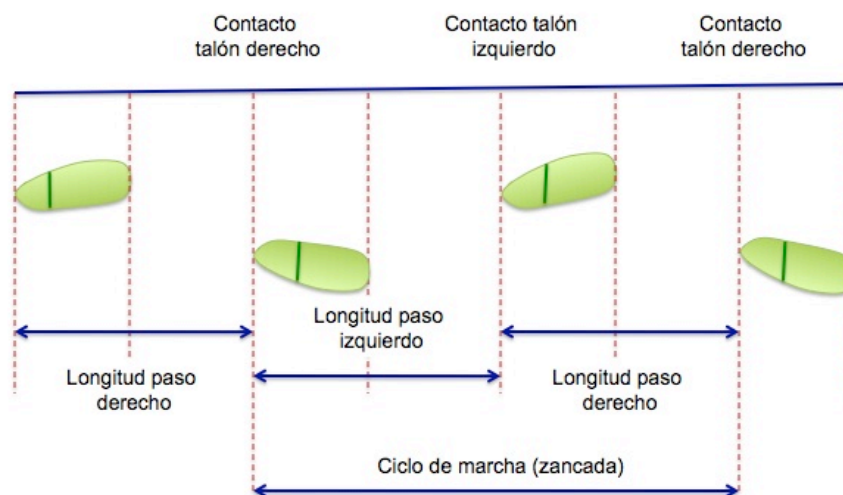


Figura 9. Apoyos plantares y medición de las longitudes de paso.

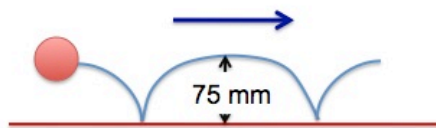
La marcha normal necesita cinco prioridades:

- la estabilidad del miembro inferior en contacto con el suelo, a lo largo de toda la fase de apoyo,
- el despegue del miembro oscilante durante la fase de apoyo monopodal,
- la adecuada posición del miembro inferior en el momento de apoyar el talón durante el ciclo de marcha,
- la longitud de paso apropiada, y
- conservar la energía

### *Desplazamiento del centro de gravedad*

Durante la marcha se desplaza el centro de gravedad del cuerpo, con la mayor economía energética, a partir de los componentes esqueléticos y las acciones musculares de cada persona. El centro de gravedad es un punto imaginario donde se encuentra el equilibrio corporal. En bipedestación, se sitúa en el 55% de la altura corporal, ligeramente por delante de la segunda vértebra sacra. Sin embargo, durante la marcha el centro de gravedad se desplaza. El secreto de los movimientos en el hombre es que la proyección del centro de gravedad sea suave y proyectado en el suelo no salga del plano de apoyo (45,52) (Figura 10).

Desplazamiento vertical del centro de gravedad



Desplazamiento sagital del centro de gravedad

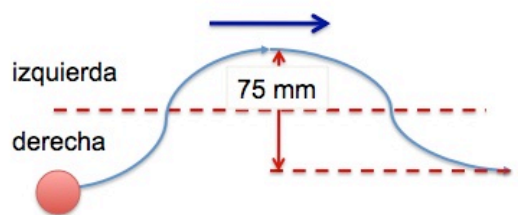


Figura 10. Desplazamiento del centro de gravedad durante la marcha

#### *1. Desplazamiento lateral*

Cuando una persona camina no permanece siempre en el plano de la línea de progresión sino que su cuerpo oscila de un lado a otro. La proyección del centro de gravedad durante la marcha sigue un desplazamiento característico, entra por el punto del talón de apoyo, se



desplaza por el borde externo del pie, cuando llega a la cabeza del quinto metatarsiano, cambia de dirección, pasando por todas las cabezas de los metatarsianos hasta llegar al primero para, después de cambiar de nuevo su dirección, recorrer todo el primer dedo. Una vez abandona el primer dedo del pie, la proyección del centro de gravedad se coloca entre los dos pies hasta que realiza el mismo desplazamiento por el pie contralateral (41,52).

Este desplazamiento lateral del centro de gravedad, igual al de la cabeza y tronco, es de aproximadamente 5 cm, siendo máximo en la mitad del período de apoyo monopodal de la extremidad. Se incrementa al aumentar la longitud del paso y la velocidad de marcha. Sigue una curva sinusoidal y está en relación con el apoyo alternante de ambas extremidades inferiores, ya que sirve para mantener alineado el tronco con la extremidad portadora del peso del cuerpo.

La cabeza y el tronco desempeñan, por tanto, una función pasiva durante la marcha, se limitan a mantenerse centrados sobre el área formada por los pies e inclinando el peso del cuerpo hacia la extremidad que apoya. Si esto no ocurriera y el tronco se situara por fuera de la base de sustentación se perdería el equilibrio y no sería posible la marcha.

## *2. Desplazamiento vertical*

Durante la marcha el cuerpo sufre un rítmico desplazamiento hacia arriba y abajo. En las fases de doble apoyo en que las piernas están separadas en contacto con el suelo, el centro de gravedad se encuentra en el punto más bajo; en las fases de apoyo unilateral en que el cuerpo es propulsado por encima de la pierna extendida, el centro de gravedad alcanza su punto más alto. El cuerpo durante la marcha debe ascender y descender a esa distancia, para lo que requiere un gasto energético. Se ha comprobado que el centro de gravedad en su desplazamiento describe una curva sinusoidal que es la que requiere un menor consumo energético. Para conseguir este desplazamiento sinusoidal existen una serie de movimientos coordinados de la extremidad inferior que se realizan en los tres planos del espacio. La pelvis, la cadera y la rodilla actúan de manera combinada para

disminuir la amplitud de la curva, mientras que la rodilla, el tobillo y el pie trabajan para suavizar los cambios de sentido de la curva.

Durante la marcha intervienen seis factores mecánicos en el esqueleto, tanto en el plano sagital y como en el frontal, que garantizan la estabilidad y ayudan a desplazar el centro de gravedad y conseguir la longitud del paso:

En el plano sagital distinguimos:

- rotación de la pelvis sobre el eje vertical
- báscula pélvica hacia el lado en descarga
- flexión de la rodilla durante el apoyo
- movimiento del pie y tobillo
- coordinación de los movimientos de la rodilla y el tobillo

En el plano frontal veremos, por su parte,

- Desplazamiento lateral de la pelvis

Durante la marcha hay otros componentes que ayudan a mantener el centro de gravedad estable. Cada uno de los segmentos corporales contribuye, con angulaciones y rotaciones, a llevar el miembro inferior hacia delante con el desplazamiento más suave posible del centro de gravedad (12,32,41).

Así, se produce una rotación opuesta de las cinturas; la cintura escapular lanza hacia delante el brazo de la pierna de apoyo, para mantener el equilibrio corporal, mientras que la cintura pélvica acompaña al miembro inferior oscilante y le ayuda a ganar longitud de paso. Por su parte, el movimiento de los miembros superiores también siguen un patrón bien determinado coordinado por el sistema nervioso central, en función de la edad y condiciones físicas del sujeto.

Los movimientos de rotación de la extremidad inferior están en relación con el soporte del peso del cuerpo por la extremidad: desde el momento en que la extremidad deja de soportar peso al despegar del suelo (12% del ciclo) realiza un movimiento de rotación interna, mientras que desde el momento que soporta todo el peso hasta que deja de soportarlo, realiza un movimiento de rotación externa. En este movimiento de rotación de la extremidad inferior participan la cadera y la rodilla. Para

medir la magnitud de esta participación restamos a la rotación de la pelvis la rotación del fémur y obtenemos la rotación de la cadera con respecto a la pelvis, con el resultado de 7°; si restamos a la rotación del fémur, la rotación de la tibia obtenemos la rotación relativa de la rodilla respecto al fémur de 12°.

### *Movimientos del tobillo*

El tobillo durante la marcha realiza sólo movimientos de flexo-extensión. En el momento de iniciarse el ciclo, el pie se encuentra en una flexión plantar de 5°. Al contactar con el suelo sufre una flexión plantar muy rápida, llegando hasta los 11°, en el 7% del ciclo, durante el apoyo monopodal. Esta flexión se debe a la acción pasiva de la palanca creada al chocar el talón con el suelo y se realiza contra una contracción creciente del músculo tibial anterior (12,40,53-56) (Figura 10).

Después de ésta rápida flexión plantar empieza la flexión dorsal del pie, el cual se encuentra apoyado plano en el suelo y que alcanza su valor máximo de 4° de flexión dorsal sobre el 35% del ciclo, cuando el talón empieza a despegar del suelo.

A partir del 35% del ciclo y hasta el 62% de éste, en que despegamos del suelo, el pie sufre una flexión plantar que llega hasta 13°. Esta flexión tiene lugar con la progresiva elevación del pie del suelo, que se inicia y termina por el dedo gordo.

Una vez ha entrado en el período de oscilación, el pie sufre una dorsiflexión, y se prepara otra vez para entrar en el siguiente ciclo.

Estos movimientos amortiguan el impacto con el suelo al inicio del ciclo e impulsan la extremidad hacia delante al final del período de apoyo.

El movimiento del tobillo durante la marcha normal es de 10,2° de flexión dorsal y 14,2° de flexión plantar, con un movimiento total de 25°. La flexión dorsal máxima se produce al 70% de la fase de apoyo y la máxima flexión plantar durante el despegue de dedos (Figura 11).

### **Cinética de la marcha**

El hombre se comporta durante la marcha como una máquina autopropulsada, las únicas fuerzas que actúan son las de la gravedad y las musculares. Los músculos estriados están dispuestos de tal manera

que sólo pueden producir movimientos de rotación alrededor de los ejes de las articulaciones. y necesitamos un punto fijo, externo a nosotros, sobre el que poder aplicar las diferentes fuerzas ejercidas por el cuerpo. En la locomoción, este punto fijo es el suelo, y con la ayuda de una plataforma de fuerzas, podemos medir la intensidad de éstas.

### *Fuerzas de reacción.*

Fuerza de reacción vertical: traduce los desplazamientos verticales del centro de gravedad. En el choque de talón cuando el cuerpo es impulsado hacia arriba para pasar por encima de la pierna que apoya, aumenta la fuerza de reacción del suelo; cuando el cuerpo desciende para ir a apoyarse en la pierna contraria disminuye la fuerza vertical sobre el suelo. Cuando la extremidad despegue, impulsa el cuerpo hacia arriba y adelante, apareciendo al segundo pico de la curva.

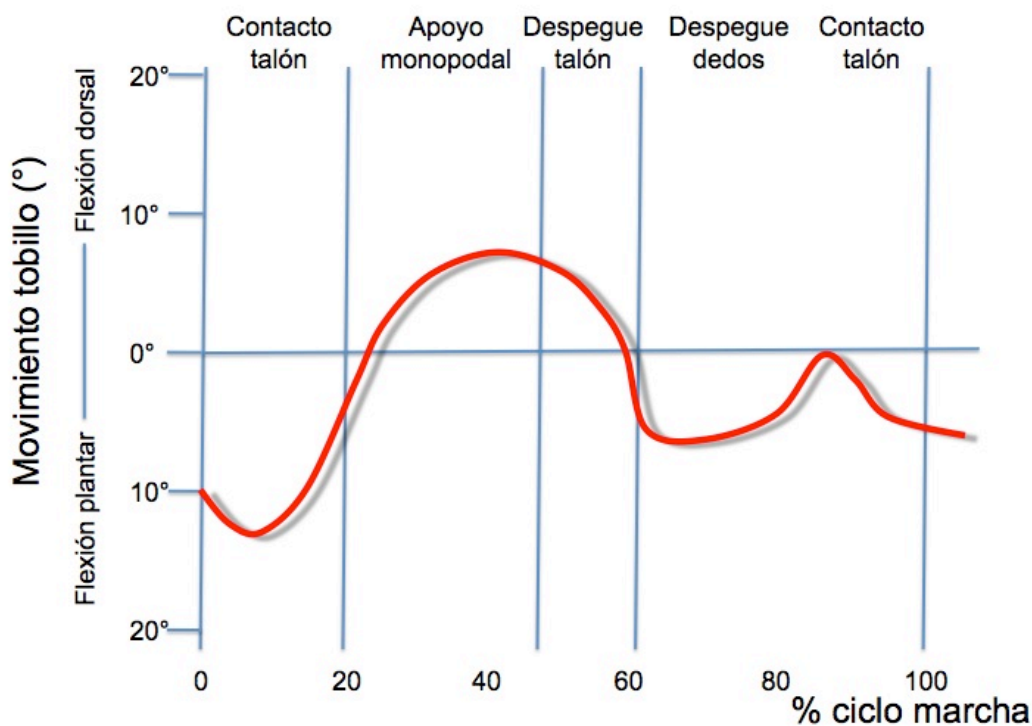


Figura 11. Movimiento normal del tobillo durante el ciclo de marcha

Fuerza de reacción ántero - posterior: traduce las fuerzas de frenado y propulsión. En el momento del choque del talón, producimos

una fuerza de hacia delante, mientras que en el momento del despegue producimos una fuerza de empuje hacia atrás. Ambas fuerzas son mucho menores que la fuerza vertical.

Fuerza de reacción medial - lateral: son de muy baja intensidad y variables y traducen los desplazamientos hacia fuera y hacia dentro del centro de gravedad.

El pie también ejerce sobre el suelo una fuerza de torsión, que es la traducción del movimiento de rotación de la extremidad inferior durante la marcha. La intensidad y dirección de la fuerza está en relación con el soporte de la carga, desde el momento que la extremidad contacta con el suelo en el choque del talón, y hasta que soporta todo el peso, realiza un movimiento de rotación interna y aparece una fuerza de torsión interna. A partir de aquí y hasta que la extremidad está totalmente descargada, realiza una rotación externa con la correspondiente fuerza de torsión externa. Al igual que la fuerza lateral, es una fuerza de baja intensidad.

#### *Cinética de la articulación del tobillo y del pie*

Las fuerzas de reacción sobre la articulación del tobillo durante la marcha son idénticas o mayores que las articulaciones de la cadera y la rodilla. La distribución de la carga sobre el astrágalo se determina por la posición del tobillo y la integridad ligamentaria. Durante la carga, del 77 al 90% de ésta se transmite a través de la meseta tibial hacia la cúpula astragalina, con el resto sobre las facetas astragalinas medial y lateral. La fuerza compresiva principal a través del tobillo normal durante la marcha se produce por la contracción de los músculos gemelos y sóleo. El músculo tibial anterior produce fuerzas compresivas leves en el inicio de la fase de apoyo inferiores al 20% del peso corporal.

El patrón de la fuerza de reacción de la articulación del tobillo durante la marcha difiere con las diferentes cadencias. A una cadencia más rápida, el patrón mostró dos fuerzas de pico, de tres a cinco veces el peso corporal, uno al inicio y al final de la fase de apoyo. En la cadencia más lenta, sólo se alcanzó un pico de fuerza de aproximadamente cinco

veces el peso corporal durante el final de la fase de apoyo (56) (Figura 12).

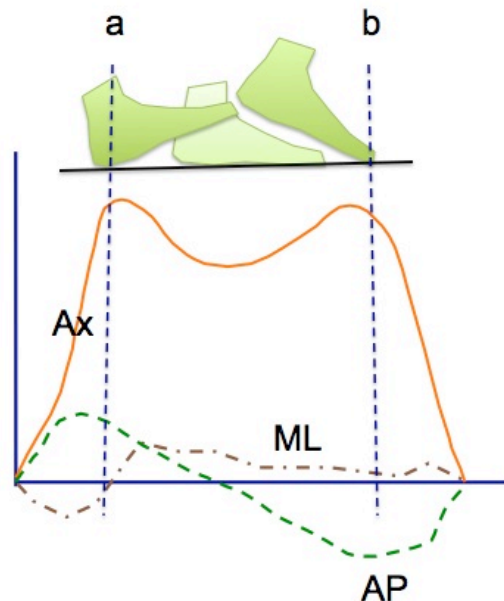


Figura 12. Resultado de las fuerzas axial (naranja), ántero - posteriores (verde) y medial - lateral (marrón) durante el apoyo de un pie, a. apoyo de talón y b. despegue de los dedos, durante el ciclo de marcha

Durante la carrera, las fuerzas localizadas del tobillo pueden llegar a 13 veces el peso corporal (57,58). Las fuerzas pico verticales alcanzan el 120% del peso corporal durante la marcha y se aproximan al 270% durante la carrera. La parte más alta del arco longitudinal, las articulaciones astrágalo-escafoidea y escafoidea-cuña, soportan la mayor carga a través de las articulaciones tarsianas. La columna medial del pie, que comprende el astrágalo, el escafoides, las cuñas y del primer al tercer metatarsiano, soporta la mayoría de la carga. La columna lateral, que consiste en la articulación calcáneo - cuboidea y los dos metatarsianos laterales, transmite una carga menor.

Los estudios de Cavanagh et al. (59) sobre sujetos descalzos en bipedestación determinaron que la distribución de la carga en el pie eran

el 60% en el talón, el 8% en el mediopié, el 28% en el antepié y el 4% en los dedos. Por otro lado, las presiones pico bajo el talón eran 2,6 veces mayores que las presiones sobre el antepié y la mayor presión del antepié se produjo bajo la cabeza del segundo metatarsiano aunque Soames (60) determinó que la presión pico más elevada y el máximo impulso pie-suelo durante la marcha sin calzado estaba por debajo de la cabeza del tercer metatarsiano en vez de la del segundo.

Durante la marcha descalzo, el centro de presión se localiza inicialmente en el centro del talón y se acelera rápidamente a través del mediopié hasta alcanzar el antepié, donde disminuye la velocidad. Las presiones pico del antepié se alcanzan al 80% de la fase de apoyo y se centran bajo el segundo metatarsiano. En el despegue de los dedos, el centro de presión se localiza bajo el primer dedo. Las cabezas de los metatarsianos contactan con el suelo al menos el 50% de la fase de apoyo (Figura 13).

La distribución de las presiones plantares cambian con el calzado. El calzado reduce la presión del talón produciendo una distribución de presión más uniforme en el talón. Con zapatos, la distribución de la carga del antepié se desplaza medialmente con la máxima presión bajo las cabezas del primer y segundo metatarsiano. Las presiones bajo los dedos también se incrementan con el calzado (61).

Durante la marcha la transmisión de fuerzas con el suelo se hace por medio del pie. El contacto del pie con el suelo se efectúa por medio de tres puntos de apoyo o fulcros en tres momentos distintos.

1º fulcro: es el talón en el primer contacto del pie con el suelo, hasta que el pie se apoya sobre la superficie.

2º fulcro: desde el talón hasta el centro del tobillo mientras la tibia se mueve hacia delante con el pie apoyado.

3º fulcro: despegue del talón, el fulcro se desplaza a las cabezas de los metatarsianos.

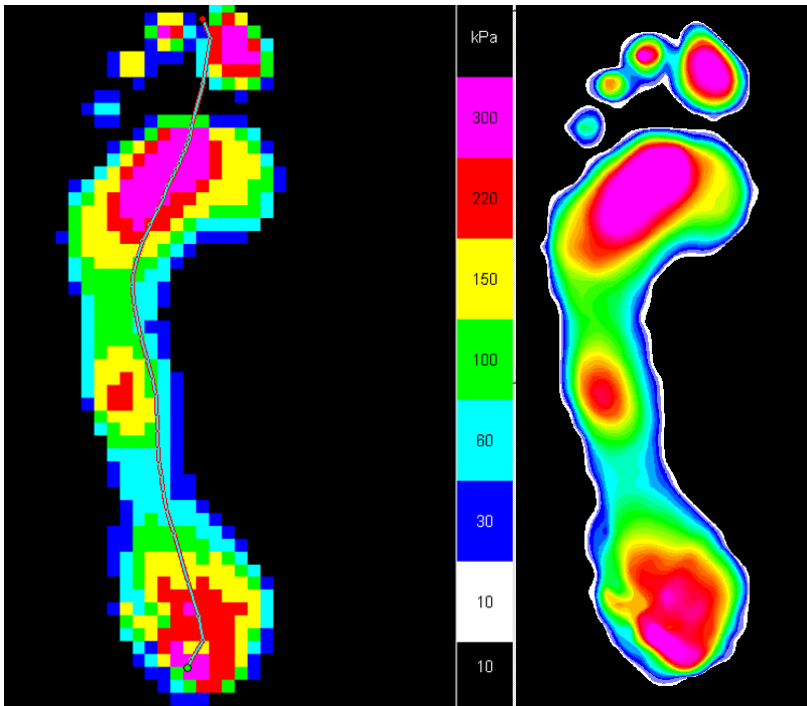
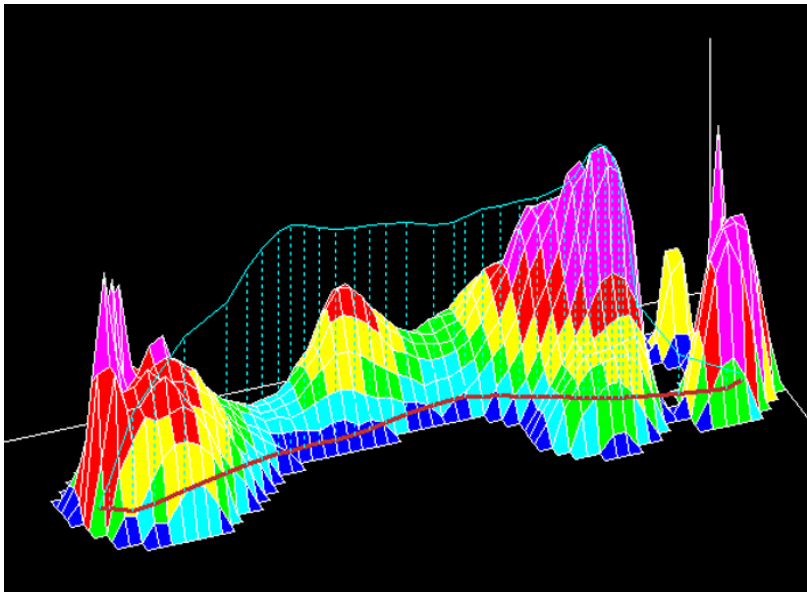


Figura 13. Distinta forma de representar las presiones plantares, tridimensional, numérica y gráfica.

## Marcha en la artrodesis de tobillo

### 1. Fase de apoyo de talón

Durante el apoyo del talón, la fuerza de reacción con el suelo se localiza sobre la cabeza de los metatarsianos. Cuando se camina descalzo con una artrodesis de tobillo, el borde anterior de la tibia durante la fase media se acompaña de un despegue precoz asociado con o sin



dorsi-flexión del mediopie. Por otro lado, en estos paciente por realizar un despegue precoz, la fuerza de reacción con el suelo no alcanza el nivel de las cabezas de los metatarsianos y provoca un aumento de las sollicitaciones durante la dorsi-flexión, en las articulaciones localizadas entre el tobillo y las cabezas de los metatarsianos. El talón abandona el suelo más precozmente con la intención de restaurar la libertad de movimientos de la parte distal de la pierna. Como resultado, el peso entero del cuerpo debe permanecer en el suelo durante un tiempo más largo (62).

Es conocido que los pacientes con una artrodesis de tobillo mejoran la marcha con el uso de calzado, realizan un despegue retardado si lo comparamos con caminar descalzos, pero la fuerza de reacción con el suelo todavía está posterior a las cabezas de los metatarsianos si lo comparamos con los sujetos control. Esta condición se mejora si se pone una plantilla de 1 ó 2 cm, ya que se reducen las fuerzas durante la dorsi-flexión, sobre las pequeñas articulaciones. Este efecto beneficioso requiere un rango suficiente de flexión plantar para permitir un apoyo plantigrado durante la fase estática (53).

## 2. Apoyo monopodal

Las diferencias más notables en el ciclo de la marcha de los pacientes con una artrodesis de tobillo se observan en la fase de apoyo. Cuando el talón y la suela están apoyados en el suelo, la parte distal de la pierna está totalmente inmóvil en relación al mismo. La rodilla comienza su extensión mucho más precozmente y en ángulo es mucho menor que en personas sin alteraciones. Además, el tiempo en el cual el talón abandona el suelo, comienza más rápidamente durante el curso del ciclo de la marcha.

La extensión de la rodilla, durante la fase de apoyo, se produce por la flexión de la cadera.

Si el peso del cuerpo debe moverse hacia delante, sobre la pierna de apoyo, en dirección de la marcha, la rodilla se hiperextiende para dar estabilidad. La relación entre el grado de hiperextensión de la rodilla y la

posición del tobillo anquilosado es evidente, cuanto más marcada es la flexión plantar, más acentuada debe ser la hiperextensión de la rodilla.

Durante el segundo *fulcro* o rodillo del ciclo de la marcha, la articulación del tobillo permite la transferencia eficaz de la carga del peso corporal al antepié. Si existe una limitación de la movilidad del tobillo por una artrosis o artrodesis, se elimina el segundo *fulcro*. Si la posición del tobillo en el plano sagital es neutra, el retropié (primer *fulcro*) y el antepié (tercer *fulcro*) pueden compensar en gran medida la pérdida del segundo *fulcro* (12,53,63).

Cuando el talón contacta con el suelo, la articulación de Chopart realiza una flexión plantar para facilitar el contacto del antepié con el suelo. Durante la fase de apoyo intermedio, el talón se eleva antes y la carga se transfiere con mayor rapidez hacia el antepié, pero todo ello a costa de un mayor trabajo de carga de las articulaciones del mediopié.

Cuando tenemos un tobillo artrodesado y una articulación subastragalina móvil, la biomecánica de la marcha sufre una alteración leve, en forma de ligera disminución de la longitud de la zancada y de su cadencia (28,44). El consumo de oxígeno durante la fase estable de la marcha aumenta un 3%, y la eficacia de la marcha es de entorno al 90% (64).

La marcha rápida o la carrera se encuentran más mermadas al necesitar una capacidad funcional completa de los tres *fulcros* de la marcha durante estas actividades.

La artrodesis de tobillo tiene un efecto mínimo sobre la capacidad de absorción de la carga o la amortiguación de la marcha, que se encuentra controlada por la movilidad del arco longitudinal interno y el movimiento transversal del complejo subastragalino.

Desde el punto de vista biomecánico, la artrodesis de tobillo, es una de las articulaciones que puede beneficiarse con más facilidad de los llamados “centros perianquilóticos del movimiento”, debido a la gran cantidad de articulaciones con huesos cortos que constituyen el esqueleto del pie. Hay que destacar que para que cumplan esta función no debe existir fenómenos artrósicos en ellas.

La articulación subastragalina, la articulación mediotarsiana de Chopart y la articulación de Lisfranc, pueden llegar a proveer al pie de una flexibilidad en flexo-extensión entre los 10° y 20°, e incluso puede conseguir un aumento de flexibilidad de hasta 35°-40° en pacientes jóvenes y con gran capacidad de adaptación

### **Indicaciones de la artrodesis de tobillo**

En los años 60 todas las publicaciones establecieron como indicaciones para una artrodesis de tobillo las secuelas de poliomielitis, la tuberculosis osteoarticular, las osteomielitis, las secuelas postraumáticas y el pie espástico (65-67). Muchas de estas indicaciones son hoy difíciles de encontrar en la clínica. En la actualidad se considera que la principal indicación para realizar una artrodesis de tobillo es la presencia de un tobillo doloroso, rígido y con alteraciones funcionales, que no responde al tratamiento conservador; como resultado de una fractura previa, infección, osteonecrosis o artrosis.

La artrosis puede tener un origen primario o secundario y dentro de las causas secundarias se incluyen los traumatismos, como son la fractura de maleolos, las denominadas fracturas de pión tibial y las grandes lesiones osteocondrales. Además están las lesiones inflamatorias en el contexto de una patología reumática y las alteraciones mecánicas por inestabilidad crónica de la articulación. Tampoco hay que olvidar su indicación en casos de infección y de necrosis avascular del astrágalo, artropatía neuropática, tumores o de una artroplastia fallida. Sin embargo, la causa más frecuente en nuestro medio, es la postraumática que afecta habitualmente a pacientes jóvenes o de mediana edad que han sufrido un accidente laboral, deportivo o de circulación.

La mala alineación del tobillo secundaria a una mala reducción o pinzamiento produce una desviación del astrágalo, inestabilidad y valgo. Se ha demostrado que un desplazamiento de 1 mm en la mortaja altera la congruencia tibio-astragalina en un 40%, por ello la alteración del cartílago se produce de forma progresiva.

Entre las indicaciones absolutas de una artrodesis están la pérdida ósea, la osteopenia grave, la necrosis avascular, las enfermedades neuropáticas o neuromusculares y la infección reciente, que se produce en pacientes muy activos, menores de 45 años con un índice de masa corporal superior a 35. Serían indicaciones relativas de artrodesis los pacientes menores de 50 años, con expectativas irrealistas, actividades de la vida diaria excesivas, práctica deportiva o escasa experiencia del cirujano (68).

Frente a las prótesis y la artrodesis, algunos autores proponen como indicación para el tratamiento de la artrosis postraumática del tobillo doloroso, en fases iniciales la artrodiastasis sosteniendo que tienen un efecto positivo sobre el cartílago articular (69,70). Sin embargo, los estudios clínicos son pocos y limitados y aunque muestran una mejora de los pacientes inicialmente se desconoce su evolución (71).

#### *Técnica quirúrgica*

La selección de la técnica quirúrgica debe basarse en la patología de base. Se inició con grandes incisiones y osteotomías. Actualmente, tanto la miniartrotomía como la técnica artroscópica han presentado un buen resultado en caso de que no se presentan variaciones de más de 15° en varo o valgo. Al no realizar resecciones extensas se minimiza la inestabilidad triplanar de las resecciones amplias. (72-75) La técnica abierta se emplea cuando hay una gran deformidad y mala alineación (Figura 14).

La fijación también ha evolucionado; con la idea de ser poco agresivos en el abordaje, la tendencia actual es lograr la compresión de las superficies cruentas con tornillos interfragmentarios a compresión (76-78). La colocación de estos tornillos de forma cruzada aumenta la resistencia a la torsión si los comparamos con su disposición paralela, lo que favorece la consolidación de la artrodesis (79). Ogilve-Harris et al,(80) en un estudio sobre cadáver, mostraron que el implante de tres tornillos daba mayor estabilidad a las fuerzas de torsión que el montaje con dos tornillos. La rigidez inicial de la artrodesis de tobillo con tornillos se relaciona con la posición de la articulación, las propiedades mecánicas de

la propia fijación y la densidad del hueso. Brown et al (81) vieron que las características mecánicas de los tornillos canulados son similares a los compactos y encontraron, por el contrario, diferencias cuando se implantan en hueso osteoporótico donde el sistema con tornillo canulados, es menos rígido y requieren un diámetro mayor. Alonso-Vázquez et al (82) en un análisis con elementos finitos, demostraron que si los tornillos medial y lateral se colocan en un ángulo menor de 45° sobre el eje de la tibia, proporcionan una mejor estabilidad inicial. Si se añade el peroné al montaje, aún le da mayor estabilidad. Esta fijación permite una consolidación en 6 u 8 semanas.

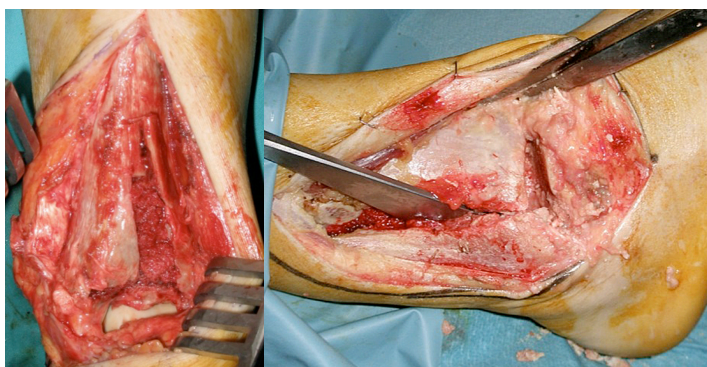


Figura 14. Técnica quirúrgica abierta para la artrodesis de tobillo

En casos complejos, donde la fijación interna está limitada o incluso contraindicada, se pueden obtener buenos resultados mediante la utilización de fijadores externos (83-85). Como regla general, los fijadores externos se prefieren en pacientes que presentan una infección previa o tienen una osteopenia grave (86-89).

Según Mann (12) los principios generales en una artrodesis de tobillo son:

1. Intentar crear una superficie amplia y congruente de superficie esponjosa y colocar la articulación en posición que favorezca la fusión.
2. Utilizar una fijación estable.
3. El retropié se debe alinear con la extremidad inferior y el antepié con el retropié para crear un pie plantígrado.
4. Tener cuidado de las partes blandas.

Las técnicas pueden dividirse, según su vía de abordaje, en anterior, transmaleolar o posterior, y según el método de fijación, en interno o externo (90).

#### *Artrodesis abierta*

Hay descritas unas 40 técnicas diferentes de artrodesis abiertas (6). Las amplias incisiones, la resección ósea y las distintas fijaciones han llevado a la artrodesis abierta de tobillo a una tasa de complicaciones entre el 13 y el 60% y se han descrito falta de consolidación hasta en el 40% de los casos (91-98). Estas complicaciones han disminuido o evitado mediante el uso de material de osteosíntesis más rígido, disminuyendo la resección ósea, aumentando la superficie de contacto y preservando las fijaciones de partes blandas. La compresión y fijación interna con tornillos canulados sigue siendo el tratamiento de elección en la artrodesis de tobillo, pero el grado de conminución y defecto óseo asociado a los fracturas de pilón tibial, puede dificultarlo (72). Con los tornillos a compresión hay que tener cuidado con no atravesar la articulación subastragalina. Por su parte, la placa de neutralización es una alternativa para realizarlo, por vía posterior (99-101). Según Nasson et al, (102) las placas colocadas por vía posterior aporta menor resistencia a la dorsi-flexión y al valgo que con los tornillos canulados. Esto tiene su interés pues en una artrodesis de tobillo se prefiere una posición neutra o en discreto valgo para fijar la artrodesis y la dorsi-flexión es el mecanismo que incrementa las sollicitaciones intensamente en un tobillo artrodesado durante la marcha (103,104).

#### *Artrodesis artroscópica*

La artrodesis artroscópica fue descrita por Schneider (105), en 1983, consiguiendo un tiempo de consolidación más rápido, una movilización más precoz y una morbilidad menor. Myerson y Quill (106) y O'Brien et al (107) compararon la técnica artroscópica frente a la técnica abierta y obtuvieron una tasa de unión de 4 a 8 semanas menor que con técnicas abiertas, disminución de la estancia hospitalaria, menos complicaciones, una posición del tobillo mejor y una tasa de consolidación similar a la de la cirugía abierta, porque ésta técnica protege la

vascularización periarticular, lo que facilita la fusión en un menor tiempo (95,108).

Las indicaciones de la técnica artroscópica sería cuando hay mínimas alteraciones de alineación y buena calidad ósea. Se prefiere a la cirugía abierta en pacientes mayores o con factores de riesgo asociados, como son las enfermedades autoinmunes, diabetes mellitus, alteraciones vasculares o dermatológicas, por el apoyo precoz, la menor estancia hospitalaria y la morbilidad asociada.

#### *Miniartrotomía*

Mauerer et al, (109) describieron la miniartrotomía, en 1996, mostrando sus resultados en 15 pacientes con una fusión clínica en todos los casos, a las 6 semanas y radiográfica, a las 8 semanas. Esta técnica disminuye la desperiostización, consigue una fusión más rápida, disminuye la inestabilidad en los tres ejes del espacio y alcanza la posición óptima de una forma más fácil. Al conservar la anatomía externa del tobillo se evitan las deformidades postquirúrgicas estéticas que se presentan con otras técnicas.

#### *Fijación externa*

Las indicaciones para realizar una fijación externa serían una osteopenia grave, necrosis ósea avascular o infección previa. Hay que tener en cuenta que la fijación interna está mejor aceptada por el paciente pues evita las infecciones propias de los clavos, muchos pacientes se sienten incómodos al ver el tutor y cualquier sistema de fijación interna da mayor estabilidad mecánica. Sin embargo, no hay una mejoría significativa con respecto a la tasa de unión o al rango total de complicaciones.

#### **Posición de fijación óptima de la artrodesis de tobillo**

Sin tener en cuenta la técnica utilizada la posición óptima postoperatoria del tobillo debe ser la misma ya que la posición del pie influye en la marcha, la longitud del paso, la fuerza de zancada y en las demandas sobre articulaciones vecinas y estabilidad de la rodilla. Según Sanchis Olmos (3), la posición ideal para fijar el tobillo es de 5°-10° de mínimo equino, e incluso en las mujeres se podría artrodesar con 5° más

para facilitar el uso del calzado de tacón. Barr y Record (110) preferían 5° de equino, por su parte Knight (111) y Ratliff (112) recomendaron el ángulo recto y Watson-Jones (113) artrodesaba con 15° de equino.

La posición más aceptada en la actualidad es el tobillo en flexión dorsal y plantar neutra, 5° de valgo, 5-10° de rotación externa y un discreto desplazamiento posterior del astrágalo respecto a la tibia y pronación de 10-15° (114).

La posición en pronación se recomienda ya que un tobillo artrodesado pierde su capacidad de pronación en el retropié y, habitualmente, existe una contracción en supinación por lo que el antepié y el retropié se apoyan predominantemente sobre el borde externo. Esta posición produce un mejor patrón de marcha y disminuye las tensiones en la rodilla (95,114,115). Sin embargo, la posición general del pie respecto al resto de la pierna siempre debe compararse con la del lado contralateral antes de realizar la artrodesis.

Las malposiciones, por orden de frecuencia, son la rotación interna, el varo y el equino.

#### *Mala posición en el plano sagital*

Si el tobillo se artrodesa con una rotación interna marcada, el paciente experimenta dificultades cuando su centro de gravedad pasa sobre el tobillo, por un aumento de sollicitaciones sobre las articulaciones subastragalinas y mediotarsianas que pueden ocasionar dolor y, también, dolor en rodilla y cadera como resultado de intentar rotar el miembro inferior a externo para compensar la malposición del pie. Si, por el contrario, existe una rotación externa marcada, el paciente incrementa el apoyo sobre la parte medial de la primera articulación metatarso-falángica que puede ocasionar un hallux valgus y aumento de carga en el compartimento medial de la rodilla

#### *Mala posición en el plano antero-posterior*

El grado de varo-valgo debe estar relacionado con el grado de movilidad en la articulación subastragalina. Si ésta articulación es rígida y no puede compensar una posible malposición, es necesario colocar el tobillo en un valgo suficiente para alcanzar la posición de plantígrado.



Cuando se coloca el tobillo en una posición de varo, el paciente caminará sobre el borde externo del pie. Esto ocasiona dolor ya que se apoya sobre un área relativamente pequeña y si la deformidad se mantiene, ocasiona una articulación mediotarsiana semirrígida lo que resulta en un antepié relativamente inmóvil, dificultando la fase de apoyo. La posición del tobillo con más de 5° de valgo o en varo, puede provocar tensiones sobre el retropié y la rodilla.

Una posición en valgo excesivo, aumenta las sollicitaciones sobre el tendón del músculo tibial posterior y las estructuras ligamentosas de la parte media del tobillo causando un pie plano postural. Estas fuerzas se pueden transmitir proximalmente hacia el compartimento medial de la rodilla y distal sobre la columna medial y la articulación metatarso-falángica del primer dedo, causando fracturas por fatiga y artrosis precoz. Para su tratamiento se requiere el uso de ortesis que creen un discreto varo. Si fracasa el tratamiento conservador, se recomienda osteotomía en cuña de cierre medial sobre el sitio de fusión.

No se tolera ningún grado de varo tras la artrodesis de tobillo pues aumenta la tensión sobre la articulación subastragalina, los tendones peroneos, las estructuras ligamentosas laterales y la columna lateral del pie y pueden ser la consecuencia de una artrosis precoz de la articulación subastragalina, fracturas de fatiga sobre el quinto metatarsiano y lesiones de los tendones peroneos. El tratamiento, en principio, se realiza con una ortesis que corrige la deformidad y si fracasa, se indica el tratamiento quirúrgico mediante osteotomía de cierre lateral en el sitio de fusión.

#### *Mala posición en el plano coronal*

Si el tobillo se fusiona en una flexión plantar superior a 5°, aparece un genu recurvatum durante la fase de apoyo. El paciente rota a externo la extremidad inferior para aumentar la carga sobre el lado interno de la rodilla, la parte anterior de la tibia y el mediopié, causando fracturas de fatiga y metatarsalgia. El tratamiento de una deformidad en equino sintomática que comienza con el uso del, llamado en inglés como *solid ankle cushion heel* (SACH), para mejorar la marcha y aliviar los síntomas.

Si ésta medida no fuera suficiente, se recurrirá a la corrección quirúrgica (116).

Si existe una marcada dorsi-flexión, el impacto del apoyo se concentra en una pequeña área del talón, lo que puede causar dolor crónico. Durante la marcha se produce una flexión de la rodilla, para lograr un pie plantígrado que se corrige con un zapato de apoyo invertido o siguiendo el tratamiento quirúrgico.

La cirugía de revisión para las deformidades en el plano sagital, implica osteotomías correctoras en el sitio de la artrodesis que pueden ser de apertura o de cierre, siendo éstas últimas las más usadas ya que permiten la relajación de las estructuras nerviosas y las partes blandas y favorecen la aproximación ósea, alcanzando un mayor rango de fusión (117-119). La desventaja es que puede provocar un mayor acortamiento. Las osteotomías en cuña son técnicamente más difíciles, pero pueden mantener la longitud. Aunque se ha debatido la necesidad de trasladar el astrágalo posteriormente sobre la tibia, hay autores que refieren un mejor patrón de marcha y disminuir las solicitaciones sobre la rodilla (80) mientras que otros señalan que no es necesario. En lo que todos están de acuerdo, es que se debe evitar la traslación anterior para no tener un aumento del brazo de palanca que se genera sobre el tobillo.

#### *Deformidades rotacionales y complejas*

La rotación interna o externa excesiva del pie con respecto a la tibia, conlleva un efecto de torsión en la tibia que a su vez produce tensión sobre la rodilla. Las alteraciones de rotación, generalmente se asocian a otras anomalías y requieren una adecuada planificación quirúrgica con estudio de la marcha y TAC que lo compara con el lado sano (116). Las correcciones de una deformidad multiplanar precisa de osteotomías multiplanares que se corrigen con fijadores externos. Actualmente la conversión a una prótesis total de tobillo puede ser una opción para aliviar los síntomas y obtener la corrección (120,121). La conversión a una prótesis total de tobillo ha demostrado aliviar los síntomas derivados de las alteraciones de posición y obtener corrección de la deformidad. Los

resultados a largo plazo de éste procedimiento todavía no se conocen y los porcentajes de amputación llegan hasta el 13% (122).

### **Complicaciones en las artrodesis de tobillo**

Sheridan et al (123), demostraron en pacientes con artrodesis de tobillo una frecuencia de artrosis en las articulaciones del retropié y del mediopié y también de la articulación subastragalina. Estudios, a medio y largo plazo, han señalado la artrofibrosis y la artrosis de la articulación subastragalina como el origen del resto de las alteraciones que aparecen después de una artrodesis de tobillo (124). Aaron (125) encontró un 31% de artrosis subastragalina mientras que Thomas et al (126) identificaron un 15%. En la experiencia de Bertrand (127), en 37 casos de artrodesis con 13 años de seguimiento, vieron que se aliviaron los síntomas en un 45% de los casos y que la mayoría podían caminar 1500 m. aunque todos presentaban una artrosis subastragalina.

Provelengios et al (48), no encontraron una relación entre la posición del tobillo artrodesado y el dolor de rodilla ipsilateral. Sus pacientes con triple artrodesis, evaluados con el SF-36, señalaron muy buenos resultados en todos los apartados excepto en el de la función física. También observaron que los pacientes con dolor supramaleolar en la tibia, es decir, por encima del trazo de artrodesis, puede ser debido a una fractura por fatiga que es más frecuente si la articulación subastragalina o mediotarsiana están rígidas o el paciente es obeso. Recomendaron un zapato de balanceo con plantillas absorbentes, después de cortos periodos de inmovilización en una férula removible, para mejorar esta sintomatología.

El rango de pseudoartrosis es muy variable según los autores y las técnicas, estando el rango entre el 3 y el 35% (128), siendo factores de riesgo los pacientes fumadores, el hueso avascular, los traumatismos de alta energía, la técnica quirúrgica y los cuidados postoperatorios.



## **HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**



## **HIPÓTESIS**

La artrodesis de tobillo postraumática no afecta a la actividad cotidiana. La fijación de la articulación astrágalo - tibio - peronéa se compensa con una mayor movilidad de las articulaciones adyacentes, la articulación de la rodilla y las articulaciones del tarso.

## **OBJETIVOS**

1. Analizar los resultados funcionales de la artrodesis de tobillo de larga evolución
2. Estudiar la biomecánica de la marcha y del apoyo en el lado intervenido para compararlo con el lado sano y los años de evolución.





## **PACIENTES Y METODOLOGÍA**



Se estudiaron 55 pacientes intervenidos todos ellos con una artrodesis de tobillo por causa postraumática. Todos fueron pacientes laborales, atendidos en la mutua de accidentes de trabajo (FREMAP Mútua de Accidentes de Trabajo de la S.S. nº 61).

Para incorporarse en el estudio fueron criterios de inclusión padecer un accidente laboral y, a consecuencia del mismo, requirió posteriormente una artrodesis de tobillo y aceptar la realización de todas las pruebas exigidas por el estudio. Fueron excluidos del estudio aquellos pacientes que no quisieron o pudieron ser evaluados o firmaron el consentimiento informado para realizar los estudios. También quedaron fuera del estudio los pacientes con traumatismos bilaterales, intervenidos con prótesis articulares en alguno de los miembros inferiores o con cirugías articulares relacionadas con la movilidad o con el eje de carga en cualquiera de los miembros inferiores.

#### *Características de la población general*

Se realizó un estudio retrospectivo durante los años 2000-2008, en el que se localizaron 55 artrodesis de tobillo postraumáticas. El seguimiento medio fue de 6 años (rango: 1 - 8 años). La edad media de los pacientes fue de 40 años (rango: 18 - 64 años), de los cuales encontramos 52 hombres (95%) y 3 mujeres (5%). El lado que se vio afectado con mayor frecuencia fue el derecho (77%) (Figura 15).

De los 55 pacientes reclutados solo se incluyeron en el estudio a 20 de ellos. La edad de los 55 pacientes estuvo homogéneamente distribuida, siendo la mayor frecuencia de casos entre los 31 y 50 años de edad (Figura 16).

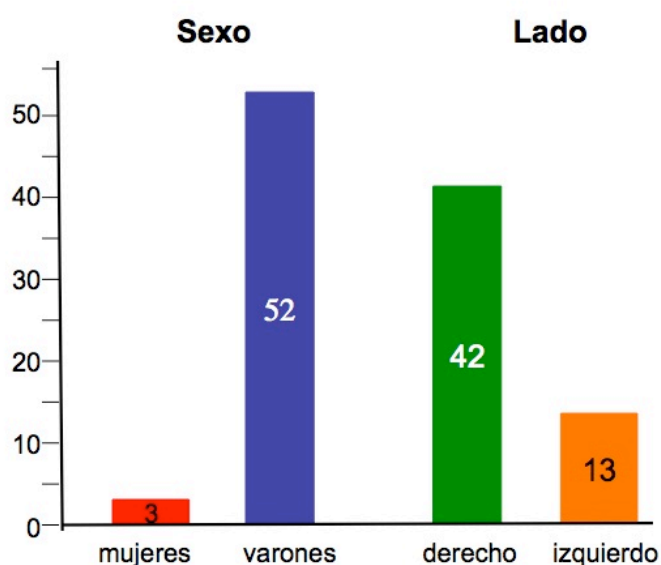


Figura 15. División por sexo y lado de los 55 pacientes iniciales

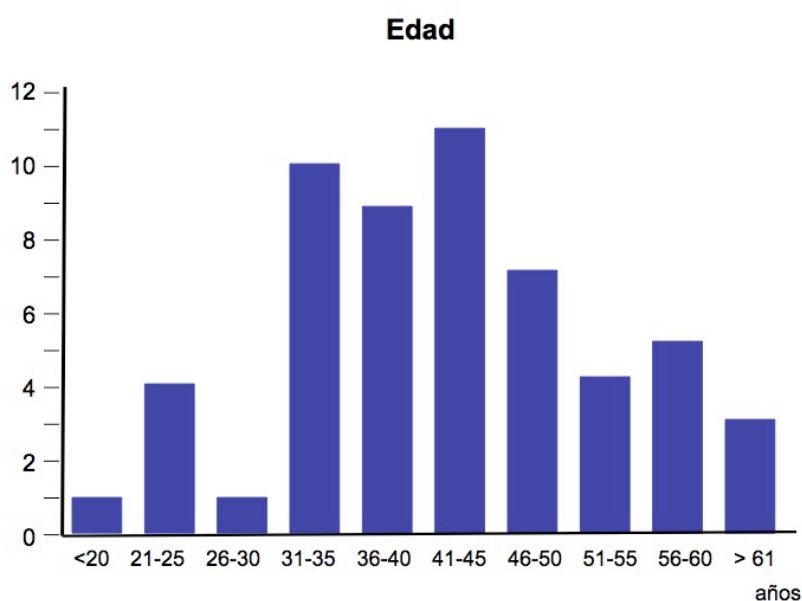


Figura 16. Distribución por edad de los 55 pacientes iniciales

El tipo de trabajo fue en la mayoría manual (29 pacientes), 15 obreros de la construcción y un administrativo (Figura 17). En cuanto al mecanismo de producción la mayoría de los casos fue por caída desde una altura (39 casos), 8 por accidente de tráfico, 4 por aplastamiento y 4 por mecanismos de baja energía (Figura 18).

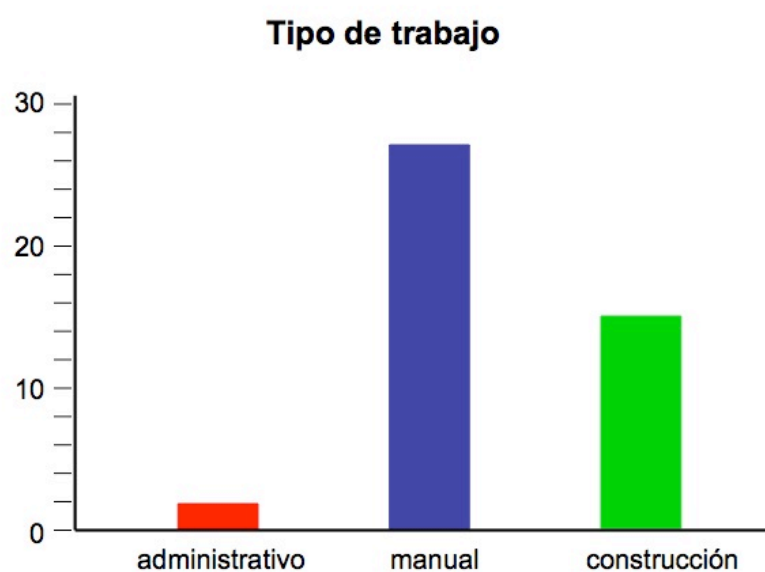


Figura 17. Distribución de los 55 pacientes iniciales según su actividad laboral

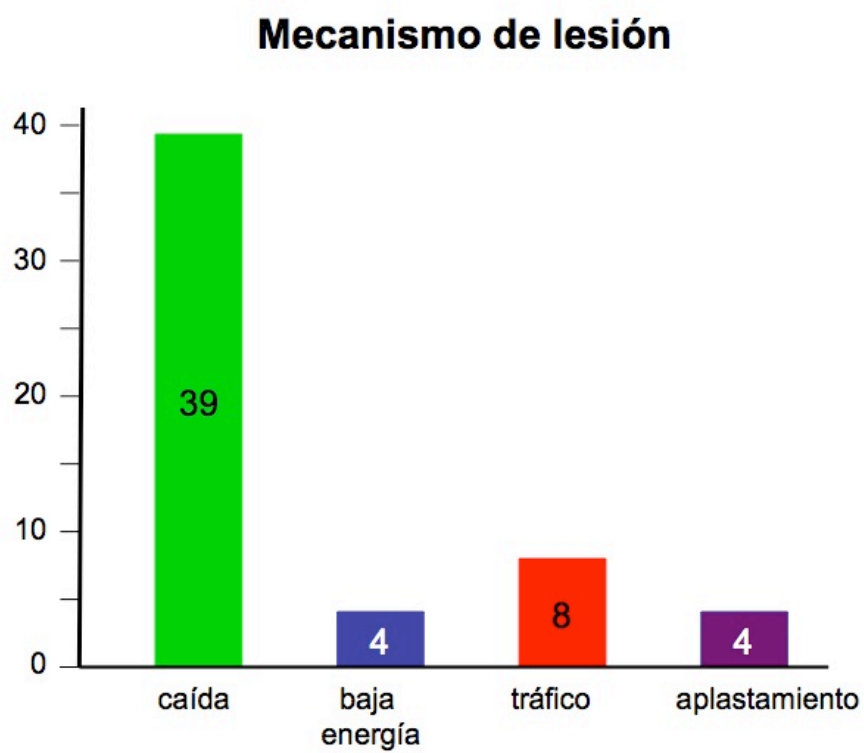


Figura 18. Tipo de traumatismo

La etiología (Figura 19) más frecuente fue la fractura de pilón tibial seguida por la luxación de tobillo y la fractura de tobillo.

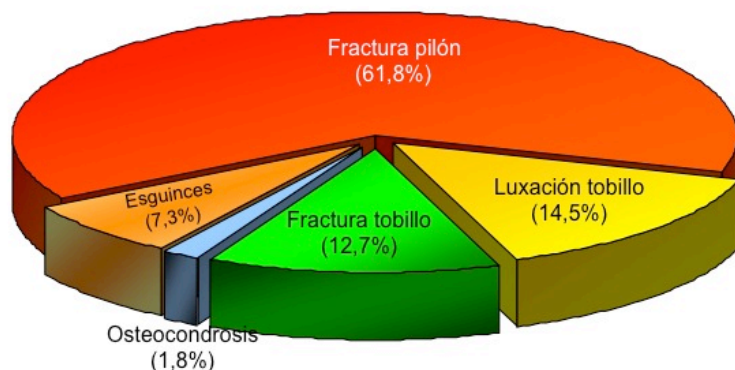


Figura 19. Etiología de las lesiones que provocaron la artrodesis

Las lesiones se produjeron en un 78% por traumatismos de alta energía. Encontramos un 35% de fracturas abiertas que según la clasificación de Gustilo siguieron la siguiente distribución (Tabla 1):

- Grado I: 3 casos
- Grado II: 11 casos
- Grado III: 5 casos

La técnica quirúrgica que se empleó con más frecuencia fue la fijación con tornillos canulados a compresión sin aporte de cresta iliaca. La utilización de injerto de cresta se precisó en 24 pacientes (43,6%). En un 2% se efectuó una artrodesis artroscópica, un clavo de Küntscher (7%), la técnica de cerrojo (23%) y el fijador externo (15%) (Figura 20).

Las complicaciones precoces que presentaron los pacientes fueron una dehiscencia de la herida y una infección por staphilococcus aureus. Las complicaciones tardías fueron dolor residual (97%) y mucho

menos frecuentes fueron insuficiencia venosa (16%), inflamación residual (20%), neuropatías (5,5%), aumento diámetro tobillo (3,6%), distrofia simpático refleja (1,8%) y atrofia cutánea (1,8%).

**Tabla 1**  
**Distribución del tipo de fracturas (clasificación AO)**

Fractura	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
A	1	1	3
B	2	2	6
C	4	5	11 (20%)

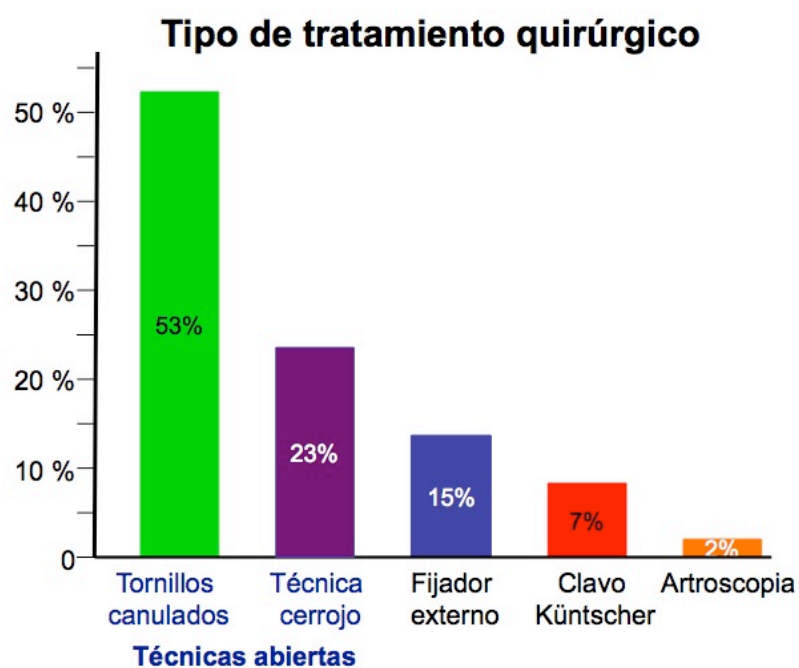


Figura 20. Tipos de tratamientos quirúrgicos efectuados

*Exploración clínica:* todos los pacientes fueron explorados y entrevistados por el mismo facultativo (AFS). Se efectuó una anamnesis de su situación actual, haciendo hincapié en el dolor, la cojera, utilización de calzado, funcionalidad y enfermedades actuales. También se exploró la movilidad del miembro inferior, los puntos dolorosos y la marcha, apreciando la existencia de posibles dismetrías o cojeras. Además se exploraron el pie, tobillo y rodilla, analizando:

#### *1 - estabilidad varo-valgo del tobillo*

Rodilla flexionada a 20°, se comprobó manualmente la estabilidad en varo-valgo y se consideraron las siguientes valoraciones:

- Normal: <2 mm de apertura de la articulación con respecto al lado contralateral
- Laxitud media: 2-5 mm
- Laxitud moderada: 5-10 mm
- Laxitud grave: >10 mm

*Movilidad de la articulación subastragalina:* se movilizó el calcáneo y se evaluó el grado de inversión/eversión pasiva de la parte posterior del pie.

#### *2 - Rotación del pie*

Paciente en supino y la rótula hacia el cénit y con un goniómetro se midió el ángulo entre el borde medial del pie y la vertical. La posición neutra vino dada por la rotación de la pierna contralateral.

#### *3 - Movilidad sagital de la articulación de Chopart*

Paciente sentado se colocó el goniómetro en el eje longitudinal de la parte medial de la tibia y el primer metatarsiano y se midió la movilidad activa.

#### *4 - Atrofia de gemelos*

Con una cinta métrica se midió el perímetro de la pantorrilla, a 5 centímetros distales a la tuberosidad anterior de la tibia.

#### *5 – Dismetrías*

La diferencia funcional entre la longitud de ambas piernas se determinó con el sujeto de pie y descalzo. Se trazó una línea entre las crestas ilíacas posteriores. Se colocaron alzas de madera de espesor



conocido, debajo del pie artrodeado hasta que se equilibraron las crestas iliacas.

#### *6 - Rodilla del lado artrodesado*

Medimos la inestabilidad medial considerando tres grados: I, II, III. También se consideró la existencia de un recurvatum

#### *7 - Dolor tras artrodesis:*

Seguimos la valoración de la escala visual analógica (EVA), así como el dolor sobre recorrido de los tendones peroneos, el dolor de la articulación subastragalina con su movilidad y la posible claudicación de la marcha.

La escala analógico visual (EVA) consistía en una regla que en una cara mostraba una línea de 10 cm. de longitud y en sus extremos figuraban las palabras “sin dolor” y “dolor máximo”. En el reverso aparecía una escala de 0 a 10, marcada cada centímetro. Al paciente se le pidió que indicase su dolor, teniendo en cuenta que 0 era ausencia de dolor y 10, dolor máximo. El propio paciente desplazaba la regla, mostrándole también el reverso de la regla para que pudiese comprobar la valoración numérica.

Anotamos, además:

#### *8 - Uso de muletas*

#### *9 - Modificaciones del calzado*

#### *10 – Fumadores*

#### *11 - Inflamación*

*y realizamos los siguientes cuestionarios:*

*12 - Cuestionario de Salud SF-36 (Versión española 1.4 )* (Junio de 1999) (Copyright©1995 Medical Outcomes Trust). Para determinar la calidad de vida se les efectuó personalmente una entrevista siguiendo el cuestionario SF-36. Además, a todos los pacientes se les preguntó concretamente sobre las limitaciones funcionales como consecuencia de la intervención (conducir, actividad deportiva, subir y bajar escaleras, andar, hacer la compra, etc) (129).

*13 - Escala de Mazur et al* (115) para la valoración de la artrodesis de tobillo. Los resultados de la evaluación clínica fueron objetivos y

subjetivos y se basaban en cuatro factores: dolor, deformidad residual (varo/valgo del talón, deformidad rotacional del pie), marcha, la propia evaluación del paciente (Tabla 2) (Anexo I).

**Tabla 2**

**Escala de valoración clínica para el tobillo (Mazur et al)**

<b>Factores</b>	<b>excelente</b>	<b>bueno</b>	<b>regular</b>	<b>mal</b>
dolor	mínimo	medio con actividad intensa	medio con actividad normal	considerable
deformidad	ninguna	5° valgo o rotación media del pie	10° valgo o rotación	10° valgo, 5° varo, rotación marcada
cojera	ninguna	media	moderado	grave
subjetivo	satisfecho	satisfecho	admite alguna mejora	niega mejoría

**Utilización del SF-36 (Short-Form 36)**

Es uno de los cuestionarios de salud más utilizados en los estudios de satisfacción para valorar las actuaciones médicas. Cubre ocho escalas o apartados que representan los conceptos de bienestar utilizados habitualmente en los cuestionarios de salud, así como en los aspectos relacionados con la enfermedad y su tratamiento.

El SF-36 está compuesto por 36 preguntas que detectan estados de salud positivos y negativos, explora la salud física y mental y está valorado en lengua española (129-131), además de contar con valores de referencia en la población española (130) (Anexo 2). Se puede realizar en personas mayores de 14 años (Tabla 3) (Tabla 4) (Tabla 5).

Los ocho aspectos que explora el SF-36 son (Tabla 3): salud general, función física, rol físico, rol emocional, función social, dolor

corporal, vitalidad y salud mental. Además, tiene la propiedad de evaluar la evolución de la salud que no puntúa pero sirve para comparar la salud actual con la de la evaluación anterior.

**Tabla 3**

**Dimensiones del SF-36**

<b>Aspecto</b>	<b>nº items</b>	<b>Contenido</b>
Función física (PF)	10	Grado de limitación de las actividades físicas por la salud: cuidado personal, subir escaleras, inclinarse, llevar o soportar peso, esfuerzos moderados o intensos
Rol físico (RP)	4	Grado de interferencia de la salud física en el trabajo y actividades diarias, limitación de las actividades o dificultad para realizarlas
Dolor físico (BP)	2	La intensidad del dolor y su efecto sobre el trabajo diario
Salud general (GH)	5	Valoración del encuestado de su salud (salud actual, perspectivas de la salud en el futuro y resistencia a enfermarse)
Vitalidad (VT)	4	Sentimiento de energía y vitalidad, frente al sentimiento de cansancio y agotamiento
Función social (SF)	2	Grado de interferencia de la salud física o emocional en la vida social diaria
Rol emocional (RE)	3	Grado de interferencia de los problemas emocionales en el trabajo o actividades diarias (reducción en el tiempo dedicado a esas actividades, descuidos, rendimiento)
Salud mental (MH)	5	Salud mental general, incluye depresión, ansiedad, control de la conducta, control emocional y efecto positivo en general
Evolución declarada de la salud (HT)	1	Valoración de la salud actual comparada con la de hace un año

Cada uno de estos aspectos puntúa de 0 a 100, siendo esta la mejor puntuación. El SF-36 no permite agrupar las puntuaciones de los ocho aspectos analizados en una puntuación global de calidad de vida.

**Tabla 4**

**Subescalas del índice de salud SF-36 e interpretación de los resultados (132)**

<b>Aspecto nº items</b>	<b>baja puntuación</b>	<b>alta puntuacion</b>
Función física 10	mucha limitación para realizar todas las actividades físicas incluyendo bañarse o vestirse a causa de la salud	realiza todo tipo de actividades físicas, incluyendo las más vigorosas, sin grandes limitaciones
Rol físico 4	problemas con el trabajo u otras actividades diarias como resultado de susalud física	ningún problema con el trabajo u otras actividades diarias como resultado de la salud física
Dolor 2	dolor muy grave y muy limitante	ausencia de dolor, sin limitaciones por dolor
Salud general 5	valora su salud como mala y cree que probablemente empeorará	valora su salud como muy buena o excelente
Vitalidad 4	cansancio y agotamiento continuo	lleno de entusiasmo y energía continua
Función social 2	interferencia frecuente y extrema con las actividades normales por problemas físicos y emocionales	realiza actividades sociales normales sin interferencia debidas a problemas físicos o emocionales
Rol emocional 3	problemas con el trabajo u otras actividades diarias como resultado de problemas emocionales	ningún problema con el trabajo u otras actividades diarias como resultado de problemas emocionales
Salud mental 5	sensación de nerviosismo y depresión todo el tiempo	sensación de paz, felicidad y calma todo el tiempo
Transición de salud 1	cree que su salud es mucho peor ahora que hace un año	cree que su salud es mucho mejor ahora que hace un año

**Tabla 5**

**Contenido del cuestionario de calidad de vida SF-36 por  
ítems**

<b>Aspecto</b>	<b>Contenido</b>
Función física (PF)	PF1 actividades intensas: correr, objetos pesados PF2 actividades moderadas: mover una mesa, lavar, limpiar PF3 levantar o llevar bolsa compra PF4 subir varios pisos por una escalera PF5 subir un piso por una escalera PF6 agacharse, arrodillarse o cuclillas PF7 caminar más de un km PF8 caminar medio km PF9 caminar 100 m PF 10 bañarse, vestirse
Rol físico (RP)	RF1 menor tiempo dedicado al trabajo u otras actividades RF2 hacer menos actividades de las que hubiera querido hacer RF3 limitación en el tipo de trabajo o actividades RF4 dificultad para hacer el trabajo u otras actividades
Dolor físico (BP)	DF1 intensidad de dolor físico DF2 interferencia del dolor físico para el trabajo diario
Salud general (GH)	SG1 salud es excelente, muy buena, buena, regular o mala SG2 me parece que enfermo mas facil que otras personas SG3 estoy tan sano como cualquiera SG4 creo que mi salud va a empeorar SG5 mi salud es excelente
Vitalidad (VT)	VT1 siente lleno de vitalidad VT2 siente mucha eneriga VT3 siente agotado VT4 siente cansado
Función social (SF)	SF1 frecuencia de problemas de salud que interfieren con actividades sociales SF2 tiempo que problemas de salud interfieren con actividades sociales
Rol emocional (RE)	RE1 menor tiempo para actividades por problemas emocionales RE2 hace menos actividades por problemas emocionales RE3 menor cuidado en actividades por problemas emocionales
Salud mental (MH)	SM1 ha estado muy nervioso SM2 siente decaído de ánimo SM3 siente tranquilo y sereno SM4 siente desanimado y triste SM5 siente feliz
Evolución declarada de la salud (HT)	HT calificación del estado de salud comparado con hace un año

El SF-36 se puede rellenar en 5 a 7 minutos y su puntuación se obtiene igualmente si la entrevista fue personal, la rellenó el propio paciente, por teléfono o por correo. Existe una versión que hace referencia al estado de salud en las cuatro semanas anteriores y otra versión, conocida como aguda, que recoge el estado de salud en la última semana.

Para recoger los datos hay que seguir las normas establecidas para evaluar el contenido y realizar la puntuación que, además, hacen posible las comparaciones del mismo estudio en el tiempo y con otros estudios similares. Por ello, cambiar el contenido de la encuesta o de los algoritmos de puntuación compromete el resultado final.

El SF-36 está organizado de manera que al obtener mayor puntuación mejor es el estado de salud. Las opciones de respuesta forman escalas tipo Likert que evalúan la intensidad o frecuencia. El número de opciones de respuestas oscila entre tres y seis, dependiendo del ítem.

En cada uno de los ocho aspectos, los ítems son codificados, agregados y transformados en una escala que tiene un recorrido desde 0 (peor puntuación) hasta 100 (el mejor estado de salud). Por lo tanto, una mejor puntuación en las diferentes dimensiones indica un mejor estado de salud y una mejor calidad de vida (132).

Para cumplimentar y puntuar el SF-36, hay que seguir los siguientes pasos:

1. Cambiar los valores fuera de recorrido a ausentes y sustituir las estimaciones de especificación personal para los ítems ausentes
2. Recodificar los valores para diez de los ítems
3. Calcular las puntuaciones reales
4. Transformar las puntuaciones de las escalas reales a una escala de 0 a 100
5. Comprobar las puntuaciones

### 1. Cambiar los valores fuera de recorrido a ausentes y sustituir las estimaciones de especificación personal para los ítems ausentes.

Se produce cuando faltan datos por que el paciente no los ha rellenado o lo ha hecho de forma errónea o por estar fuera de rango. Los datos ausentes pueden ser sustituidos por datos según el resto de las respuestas efectuadas. Si el encuestado ha marcado dos respuestas adyacentes una a la otra, se puede escoger una de las dos al azar; si marca dos respuestas para un ítem y no son adyacentes una a la otra, se codifica el ítem como ausente. También cuando marca tres o más respuestas para un ítem se debe codificar como ausente.

### 2. Recodificar los valores para diez de los ítems

Para calcular las puntuaciones hay que recodificar y recalibrar los diferentes ítems. Para ello hay que homogeneizar la dirección de las respuestas mediante la recodificación de los diez ítems que lo requieren de manera que todos cumplan la regla de “a mayor puntuación, mejor estado de salud”. Hay siete ítems que se puntúan a la inversa. están enunciados de forma que cuanto mayor es el valor precodificado del ítem, peor es el estado de salud. La recalibración de los ítems es necesaria en dos ítems en dos escalas SF-36 diferentes: salud general y dolor corporal, que no asumen una relación lineal entre puntuaciones de ítems y el concepto subyacente de salud definido por sus escalas.

### 3. Calcular las puntuaciones reales

Este paso trata de convertir la escala real obtenida en una escala porcentual donde los parámetros se valoren de 0 a 100, utilizando la siguiente fórmula:

Fórmula para puntuar y transformar las escalas

Escala transformada = [(puntos obtenidos - puntos más bajo posible) / rango] x 100

y seguimos para cada función los datos que se especifican en la Tabla 6.

Las puntuaciones reales y transformadas de las escalas no se calculan para el ítem de la evolución declarada de la salud. Se

recomienda tratar las respuestas a este ítem como datos de nivel ordinal y analizar el porcentaje de encuestados que seleccionan cada opción de respuesta o bien utilizar las estimaciones cuantitativas del campo declarado para cada categoría o respuesta.

**Tabla 6**

**Cálculo de las diferentes funciones del SF-36**

Escala	Suma final de los ítems, después de recodificados	Puntuaciones reales, mínimas y máximas posibles	máximo recorrido posible de la puntuación real
Función física	$3a+3b+3c+3d+3e+3f+3g+3h+3i+3j$	10 - 30	20
Rol físico	$4a+4b+4c+4d$	4 - 8	4
Dolor corporal	$7+8$	2 - 12	10
Salud general	$1+11a+11b+11c+11d$	5 - 25	20
Vitalidad	$9a+9e+9g+9i$	4 - 24	20
Función social	$6 + 10$	2 - 10	8
Rol emocional	$5a+5b+5c$	3 - 6	3
Salud mental	$9b+9c+9d+9f+9h$	5 - 30	25

**Estudios de imagen**

A todos los pacientes se les realizó una radiografía ántero-posterior y lateral en carga de ambos tobillos y pies. En la valoración de las radiografías medimos el ángulo tibio - tarsiano. Valoramos signos degenerativos en las articulaciones vecinas. Se efectuó posteriormente un TAC (Philips Aquilion Super 4) para analizar la consolidación de la artrodesis, así como el estado de las articulaciones del tarso.

**1 - Radiografía lateral**



Para evaluar la posición sagital del tobillo se ha utilizado una técnica similar a la de Morrey y Wideman en la cual una línea se trazó a lo largo del astrágalo desde la parte inferior del tubérculo posterior hasta el cuello. Una segunda línea se trazó sobre el eje anatómico de la tibia en el plano sagital. El ángulo trazado por éstas dos líneas determinaron el ángulo de la artrodesis en el plano sagital. Se midió el mismo ángulo en el lado contralateral para determinar la posición normal. Las variaciones con respecto a la posición normal del tobillo contralateral, determinaron la posición en flexión dorsal o plantar de la artrodesis.

Para medir la traslación anteroposterior del astrágalo se solaparon las radiografías del tobillo fusionado y del no fusionado y se midió la distancia que existe entre la cortical anterior de la tibia. Un ángulo de 106°, en la radiografía lateral, se consideró como posición neutra en el plano de flexo-extensión.

## *2 - Radiografía anteroposterior*

Se evaluó la posición en varo-valgo de la artrodesis según la descripción de Wood y Deakin (112), para ello se trazó una línea siguiendo el eje de la tibia y otra línea en el eje del astrágalo. El resultado se comparó con el lado contralateral. En ambas proyecciones se evaluó el grado de artrosis de la articulación de Chopart y subastragalina (Kellgren y Moore). Consideramos:

- Grado 0: Normal
- Grado 1: Dudosa formación de osteofito
- Grado 2: Formación de osteofito sin disminución del espacio articular
- Grado 3: Formación de osteofito con moderada disminución del espacio articular
- Grado 4: Formación de osteofito, espacio articular muy disminuido con esclerosis en el hueso subcondral y deformidad

## **Estudio biomecánico**

### **Estudio de apoyo plantar sobre plataformas pedobarográficas**

Los pacientes apoyaron en estático sobre una plataforma pedobarográfica (Emed, NOVEL, Alemania) con ambos pies para analizar la distribución de las presiones en ambos pies. Posteriormente se evaluó la distribución de presiones durante la marcha. Se analizaron los valores obtenidos en el pie intervenido y el sano. El paciente pasó primero con el pie derecho y después con el izquierdo apoyando sobre la plataforma a una velocidad considerada normal por él mismo. Pasó tres veces recogiendo todas ellas, siempre y cuando no se observase alguna anomalía, en cuyo caso le hicimos repetir la prueba (Figura 21).

Posteriormente apoyó sobre los dos pies registrando, en primer lugar el pie derecho y luego hicimos lo mismo con el pie izquierdo. De esta manera obtuvimos datos de apoyo plantar dinámico y estático. Obtuvimos de cada uno de los registros los siguientes parámetros en estática:

- Presión máxima sobre el pie derecho / izquierdo
- Fuerza máxima sobre el pie derecho / izquierdo
- Área de apoyo máxima sobre el pie derecho / izquierdo

En dinámica, durante la marcha, obtuvimos los siguientes valores:

- Presión máxima apoyo talón pie derecho / izquierdo
- Fuerza máxima apoyo talón pie derecho / izquierdo
- Área máxima de apoyo talón sobre el pie derecho / izquierdo
- Presión máxima apoyo mediopié pie derecho / izquierdo
- Fuerza máxima apoyo mediopié pie derecho / izquierdo
- Área máxima de apoyo mediopié sobre el pie derecho / izquierdo
- Presión máxima apoyo antepié pie derecho / izquierdo
- Fuerza máxima apoyo antepié pie derecho / izquierdo
- Área máxima de apoyo antepié sobre el pie derecho / izquierdo

Los valores de área y fuerza no se normalizaron y dependen, por lo tanto, de las características morfológicas del sujeto. Sin embargo, nos fueron de utilidad para comparar la diferencia entre ambos pies y calcular un índice de fuerza y área de apoyo entre ambos pies.

#### *Estudio cinemático y cinético de la marcha*

Los pacientes pasaron posteriormente al análisis cinemático y cinético de la marcha con un sistema de análisis de movimiento (CLIMA, STT, San Sebastián) y de fuerzas de apoyo sobre dos plataformas de fuerza (KISTLER, Winthertur, Suiza) de 90 x 60 cm, colocadas una por delante de la otra. Se les instrumentó con marcadores reflectantes en ambos miembros inferiores (cadera, rodilla, pierna y pie) y un marcador en “V” en la región lumbar para controlar las rotaciones (Figura 22). Cada paciente efectuó dos o tres paseos sobre las plataformas antes de hacer el registro. Cuando se observó alguna anomalía se repitió de nuevo el paso, borrando el anterior.

En el análisis cinemático de la marcha, obtuvimos los siguientes parámetros: porcentaje de doble apoyo, cadencia de paso (m/sec), velocidad (m/s), longitud de paso (mm) y longitud de zancada (mm). Además, de cada extremidad obtuvimos el tiempo de apoyo (s) derecha / izquierda, el ROM de cadera, rodilla y tobillo derechos e izquierdos (°), la inclinación pelvis derecha / izquierda (°), la abducción cadera derecha / izquierda (°) y la oblicuidad pelvis derecha / izquierda (°).

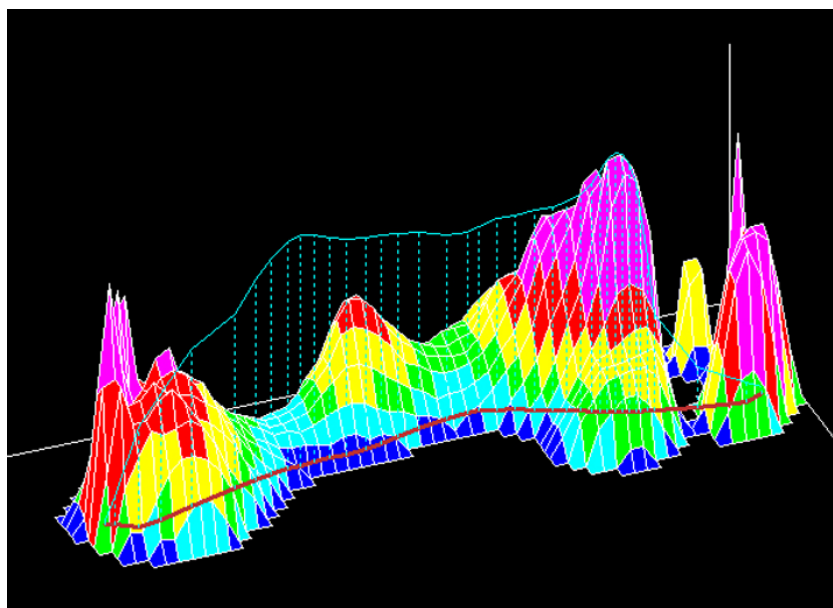
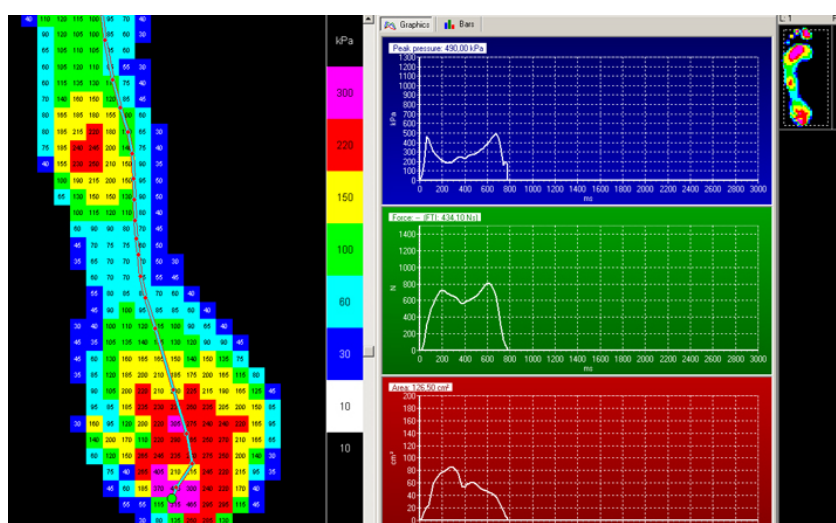
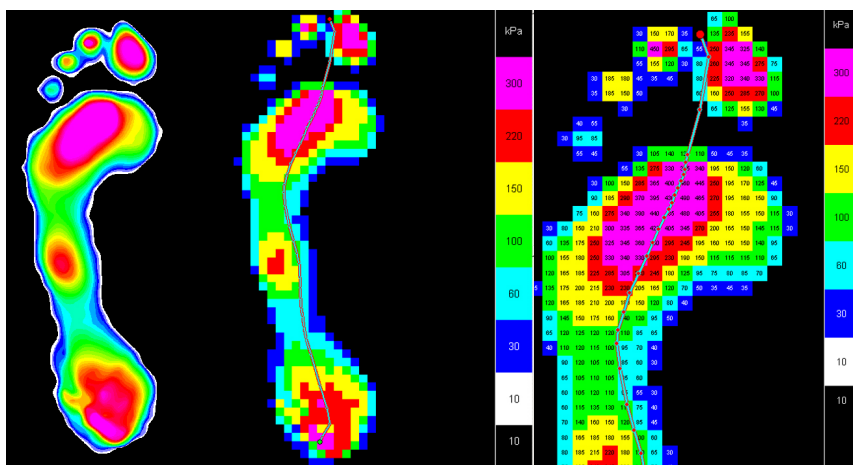


Figura 21. Imágenes y gráficos de la plataforma de presiones para obtener los datos de presión plantar

Para el estudio cinético de la marcha, a partir del apoyo sobre las plataformas de fuerza obtuvimos las fuerzas axiales, antero-posteriores y medio-laterales de ambos pies que nos permitió, además, de conocer las magnitudes, calcular las fuerzas y tiempo del apoyo monopodal de ambos pies y del apoyo bipodal durante el ciclo de marcha.

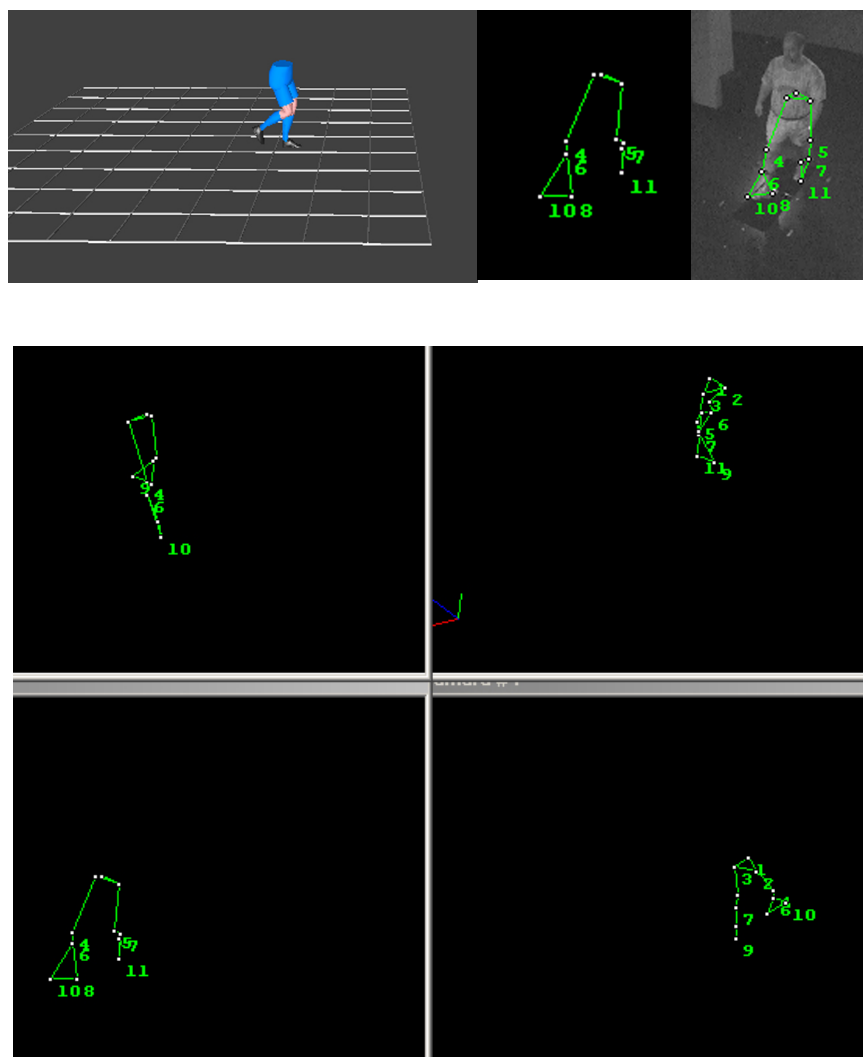


Figura 22. Grabaciones para obtener los datos cinemáticos

### Valoración de los resultados

Dado que la muestra es pequeña, de una técnica quirúrgica no muy frecuente y donde cada uno de los pacientes fue estudiado en profundidad con diferentes metodologías, presentaremos, en primer lugar, un análisis global de los resultados y, posteriormente, los casos clínicos de los pacientes reclutados.

En el caso clínico de cada paciente introdujimos la historia clínica resumida, con los datos personales, etiología primaria y las soluciones quirúrgicas efectuadas, la evolución del paciente así como las complicaciones. En una tabla expusimos los valores clínicos de cada paciente con los valores de las escalas utilizadas, el EVA, la movilidad articular del pie y del tobillo, la atrofia de la pantorrilla en centímetros, la disimetría si la hubiera, la posible inestabilidad de la articulación de la rodilla, la necesidad de utilizar una ortesis, la modificación del calzado, así como datos de la zona intervenida como son la persistencia de inflamación, las callosidades y su localización, la alteración de la cicatriz y si el paciente era fumador habitual.

Incluimos una tabla con la valoración de las radiografías en carga, de cada paciente, comparando el tobillo artrodesado y sano. También presentamos una tabla con los valores comparativos de la cinemática de la marcha con los valores de la cinemática articular de las extremidades inferiores, así como los datos del tiempo de apoyo, la cadencia (m/sec), la longitud del paso (mm), la longitud de la zancada (mm) y el tiempo de apoyo (sec) para conocer las características de la marcha analizada. Terminamos la presentación de cada caso con las imágenes de las extremidades del paciente, las radiografías obtenidas en carga y las imágenes de TAC. Los resultados globales se representaron en tablas y, cuando fue posible, para una mejor comprensión, se incluyen las gráficas de los resultados obtenidos. Presentamos los resultados personales y globales de las escalas de valoración efectuadas (AOFAS, Mazur y SF-36); los resultados de los parámetros cinéticos de la marcha obtenidos, así como los resultados de la baropodografías efectuadas (134-137).

### **Estudio estadístico**

Con los resultados obtenidos realizamos una estadística descriptiva de todas las variables estudiadas y analizamos la frecuencia de cada una de las variables. Analizamos las variables biomecánicas comparando el lado artrodesado y el lado sano con la prueba de la U de Mann - Whitney para grupos no paramétricos.

## RESULTADOS





## RESULTADOS GLOBALES DE LOS 55 PACIENTES RECLUTADOS

### *Análisis general de los resultados*

De los 55 pacientes seleccionados inicialmente todos se reincorporaron al trabajo; el 10,4% lo hicieron al mismo puesto de trabajo, el 14,6% al mismo puesto con restricciones y el 75% a un puesto diferente con menor exigencia laboral. Esto coincide con la valoración del EVI (Figura 23). El 2% se consideraron curados, sin secuelas y no pasaron por el EVI, el 8,3% obtuvieron baremo, con secuelas no incapacitantes para realizar su trabajo habitual, el 14,6% obtuvieron incapacidad permanente parcial, es decir, les permitió realizar su trabajo habitual, hasta un máximo del 33% de restricciones y el 75% obtuvieron una incapacidad laboral permanente total, con incapacidad para realizar su trabajo habitual.

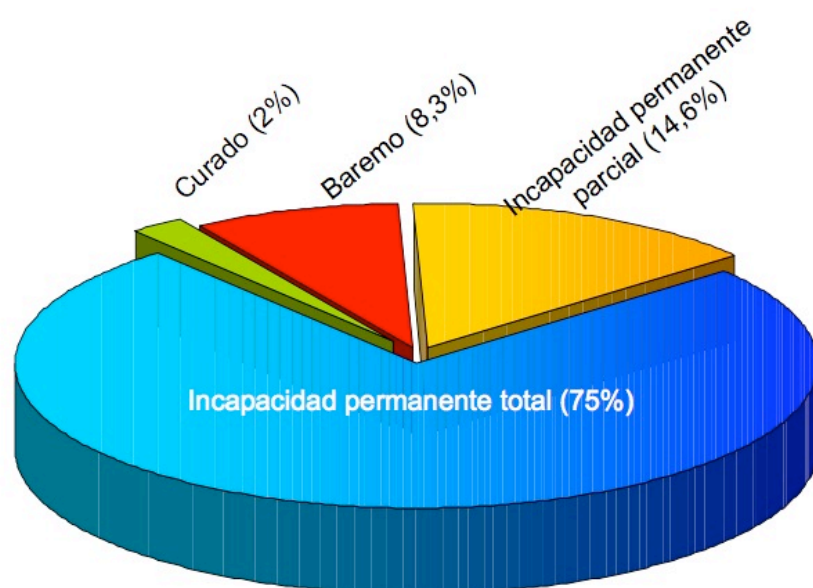


Figura 23. Resultado laboral de los 55 pacientes

Por persistencia de dolor, 10 pacientes (18%), precisaron reintervenirse en una ocasión para realizarse retirada de material, liberación de peroneos y cobertura. Tras confirmar no unión mediante TAC

en el 16% de los casos se realizó una reartrodesis. Hubo una amputación por debajo de la rodilla.

La localización del dolor referido en la región del tobillo y pie tuvo como localización principal el tendón de Aquiles. El 15 % de los pacientes indicaron encontrarse totalmente asintomáticos (Figura 24).

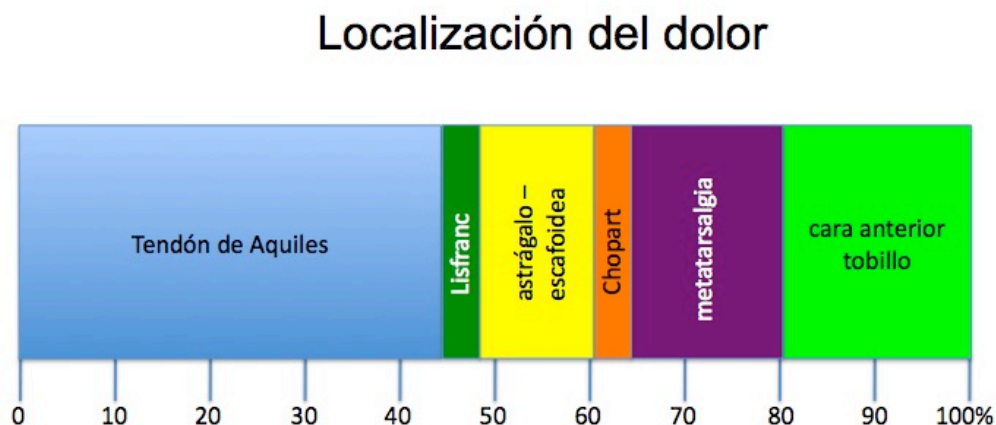


Figura 24. Localización del dolor

Con respecto a la ayuda para la deambulaci3n, el 80% caminaba sin muletas, el 11% precisaba ayudarse con un bast3n para caminar y el 9% necesitaba de dos bastones.

Cuando se les pregunt3 por el uso de 3rtesis o plantillas para una deambulaci3n m3s c3moda, 25 pacientes indicaron que los utilizaban de forma habitual. El tipo de 3rtesis empleada fue 14,5% plantilla conformada, 9% cuña en equino, 7,2% plantilla descarga retrocapital, 7,2% plantilla con cuña interna, 3,6% 3rtesis en "U", 1,8% talonera blanda y 1,8% plantilla con cuña externa.

En el grupo de 55 pacientes, la escala AOFAS present3 una mejoría de 23,0 puntos; 80,6 (95-64) postoperatoria con respecto a 57,6

(69-32) en la encuesta preoperatoria. En la evaluación radiológica el 84% de los pacientes presentaba una consolidación completa y en el 20% se apreció una osteoporosis residual.

Medimos el ángulo tibio-astragalino en las proyecciones antero-posterior y lateral y se realizó una correlación con el uso de muletas u ortesis y con el dolor subjetivo que referían los pacientes (Figura 25). El dolor subjetivo frente a los grados de artrodesis (ángulo tibio-astragalino) (Figura 26).

La baja laboral desde la cirugía presentó una media de 36 semanas (rango: 16 – 76 semanas), el 75% se incorporó al trabajo pero con una menor demanda y tan solo el 10% de los pacientes operados pudo mantener el mismo puesto de trabajo.

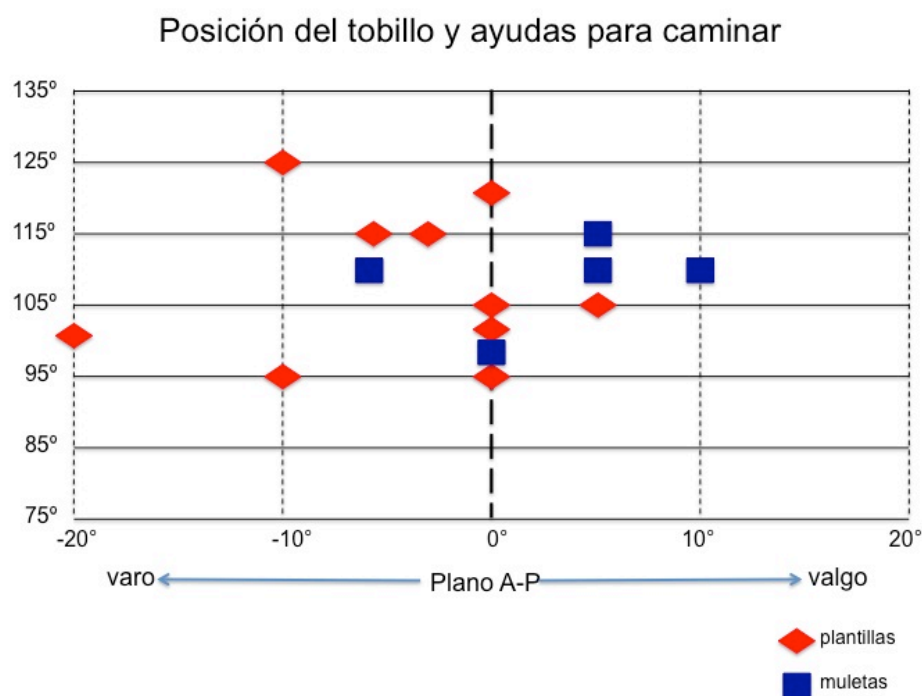


Figura 25. Relación de la posición del tobillo en el plano ántero - posterior y el tipo de ayuda para caminar.

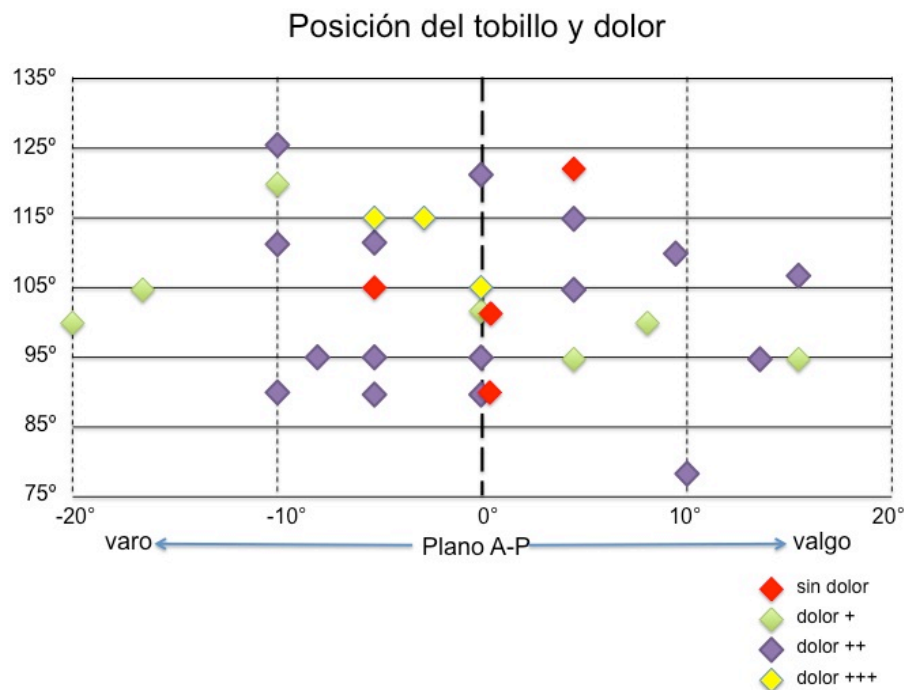


Figura 26. Relación entre la posición del tobillo y la gravedad del dolor

## RESULTADOS DE LOS 20 PACIENTES INCLUIDOS

Los 20 pacientes incluidos en el estudio presentaron una edad media de 40 años (rango: 26 - 54 años); diecisiete fueron varones y tres fueron mujeres y se intervinieron 16 tobillos derechos frente a 4 izquierdos. El peso medio de los pacientes fue de 89 kg (rango: 54 - 117 kg). Dieciséis de los pacientes eran fumadores habituales.

El tipo de fractura fue pilón tibial en 13 casos, en 6 una fractura bimaléolar y en una ocasión fue consecuencia de una osteocondritis. Doce fueron lesiones cerradas y 8 abiertas que según la clasificación de Gustillo - Anderson se correspondieron en 5 casos al grado I, una fue abierta de grado II y dos fueron abiertas de grado III.

Tras el accidente a 14 pacientes se les realizó una reducción abierta y fijación interna de la lesión; a tres pacientes se les estabilizó con un fijador externo, a uno de ellos se efectuó una artrodesis primaria; un paciente se fijó con un clavo de Steinmann transcalcáneo. El tiempo transcurrido hasta realizar la artrodesis fue de 39 meses desde la primera intervención quirúrgica (rango: 204 - 6 meses).

La técnica quirúrgica empleada fue mediante cirugía abierta y tornillos canulados a compresión, en 18 pacientes; en otro se realizó la artrodesis mediante un fijador externo y otro precisó un clavo retrógrado. En 9 cirugías se aportó injerto de cresta para favorecer la consolidación.

Tras la cirugía los pacientes permanecieron inmovilizados con una bota de yeso, durante tres meses, permitiendo el apoyo a los 2 meses si los controles radiográficos lo permitían. El tiempo medio hasta la aparición de una consolidación visible radiográfica de la artrodesis fue de tres meses.

Las complicaciones en esta serie de 20 pacientes fueron dos casos de infección superficial que remitieron con lavados y tratamiento antibiótico por vía oral; necesidad de realizar un injerto de piel en un paciente; aporte de hueso esponjoso de cresta iliaca en otro caso y hubo que intervenir para reartrodesar a un paciente. Retiramos el material de osteosíntesis a 3 pacientes y efectuamos una artrodesis subastragalina en otro caso.

Se detectó una atrofia de la pantorrilla pues todos los pacientes presentaron una media de 2 cm. menos en su perímetro comparado con el lado sano. El rango fue de 4 cm. menos a 2 cm. más.

En conjunto vimos que los valores de los cuestionarios específicos tenían peor puntuación que el SF-36. En las Tabla 7 y Tabla 8 se detallan las puntuaciones de cada uno de los pacientes con las escalas escalas funcionales AOFAS y Mazur.

De los veinte pacientes estudiados, sólo uno refirió sensación de inestabilidad en el plano sagital. La media de la inversión obtenida en los veinte pacientes fue de 6°, (rango: 0°-18°) y la eversión de 5° (rango: 0°-20°). Tres pacientes presentaron una rotación externa, con una media de 6° (rango: 5°-10°). Seis pacientes tenían una rotación similar al lado contralateral; el resto, once, presentaron el pie artrodesado en rotación interna, con una media de 8° (rango: 3°-15°).

La movilidad de la articulación de Chopart en el plano coronal, de los pacientes con una artrodesis de tobillo, era de 10° (rango: 0°-30°). De

éstos, 6° eran de flexión plantar (rango: 0°-30°) y 4° de flexión dorsal (rango: 0°-10°).

De los veinte pacientes, seis presentaron acortamiento del miembro intervenido con respecto al contralateral con una media de 1,25 cm (rango: 0,5-2 cm).

Con respecto a la sintomatología en la rodilla, ningún paciente presentó inestabilidad en la rodilla homolateral al tobillo artrodesado, ni tampoco en la rodilla contralateral; dos pacientes indicaron dolor sobre la inserción distal del ligamento lateral interno homolateral y uno del contralateral.

De los veinte pacientes intervenidos, 19 (95%) deambulan sin bastones y uno de ellos, precisa de dos muletas para su deambulación. Si bien, para conseguir una marcha más cómoda, siete pacientes (35%) precisaron del uso de plantillas.

Dieciséis de los veinte pacientes intervenidos (80%) presentan inflamación en el tobillo artrodesado y más acusada al final del día. Está inflamación se ve disminuida parcialmente con el uso de medias de compresión.

Por su parte, seis pacientes (30%), indicaban callosidades en el pie intervenido, que precisaban la asistencia periódica al podólogo. La distribución de éstas callosidades era, dos sobre cabeza de 5° metatarsiano, arco plantar interno, cabeza de 1° metatarsiano, región lateral del calcáneo e interfalángica proximal de 4° dedo.

Con respecto a las cicatrices, sólo un paciente refirió picor de forma ocasional, e resto sólo indicaba alteraciones de pigmentación en la región pericicatricial.

TABLA 7

ESCALA MAZUR

DOLOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
No																50				
ligero al subir o bajar escaleras o caminar largas distancias	45				45		45	45				45								
moderado al subir o bajar escaleras o caminar largas distancias: no durante camino llano; ocasional sin necesidad de medicación		40									40			40					40	
camino llano, con más dolor en las escaleras, no cuando descansa, medicación analgésica diaria			25	25					25						25			25		
cuando descansa o por la noche, además de cuando camina, medicación analgésica diaria																				
continuo, independiente de la actividad						1				1			1				1			1
FUNCIÓN: cojera antiálgico																				
no														6		6				
ligero		4		4			4	4	4	4	4	4						4	4	
moderado	2				2	2									2					2
marcado			1										1				1			
DISTANCIA																				
ilimitada		6														6				
4 - 6 manzanas	4			4				4	4	4		4		4					4	4
1 - 3 manzanas			2		2	2	2				2		2		2		2	2		
dentro de casa																				
cama, silla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
inestable a la marcha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
APOYOS																				
no precisa	6	6		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
muleta para largas distancias			5																	5
muleta siempre																				
dos muletas o bastones																				
andador o inestabilidad andar																				

<b>SUBIR PENDIENTES</b>															
normal															
con rotación externa pie	2	2	2	2	2							3			
sobre los dedos o apoyo externo													2	2	2
no está capacitado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>BAJAR PENDIENTES</b>															
normal															
con rotación externa pie	2		2	2								2	2	2	
sobre los dedos o apoyo externo		1													
no está capacitado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>SUBIR ESCALERAS</b>															
normal															
necesita apoyo barandilla	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
apoya con el pie sano															
no está capacitado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>BAJAR ESCALERAS</b>															
Normal															
Necesita barandilla	2														
Apoya con el pie sano															
No está capacitado															
<b>CAPACIDAD PARA PONERSE DE PUNTILLAS</b>															
capaz de hacerlo 10 veces															
capaz de hacerlo 5 veces															
capaz de hacerlo 1 vez															
incapacitado	0,5		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
<b>CORRER</b>															
corre tanto como desea															
puede correr pero con limitaciones															
incapacitado	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5





**TABLA 8**

**RESULTADOS ESCALA AOFAS**

PACIENTES ESCALA AOFAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>DOLOR (40 puntos)</b>																				
Ausente (40)																	40			
Leve-ocasional (30)	30		30				30	30	30			30		30						
Moderado-diario (20)		20		20	20	20					20				20	20	20	20	20	20
Grave-siempre presente (0,5)										0,5			0,5		0,5					
<b>FUNCIÓN (60 puntos)</b>																				
<b>Actividad</b>																				
Sin limitación																	10			
Sin limitación actividad diaria, limitación deportiva	7		7	7	7	7		7	7		7	7	7	7		7		7	7	
Limitación actividad diaria, limitación deportiva		4					4			4					4					4
Grave limitación-muletas, andador, silla de ruedas, ortesis																				
<b>Anormalidad del paso</b>																				
Ninguna				8										8						
Notable	4		4		4	4	4		4	4	4	4	4			4			4	
15-28°																	4	4		
Marcada		0,5						0,5							0,5					0,5
Estabilidad del tobillo (anteroposterior y varo-valgo)																				
Estable	8	8	8	8	8		8		8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Inestable						0,5		0,5												

PACIENTES ESCALA AOFASS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>Distancia máxima en cuadras</b>																					
Más de 6					5	5		5						5				5			5
4 a 6	4												4		4					4	
1 a 3		2	2					2			2	2					2		2		
Menos de 1						0,5										0,5					
Movilidad sagital (FD-FP)																					
Normal (30º o más)																					
Moderada restricción (25-74º)										3				3	3						
Grave restricción (<15%)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5			0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
<b>Alineación</b>																					
Buena: pie plantigrado, pie y retropié bien alineados			10	10	10	10	10	10	10		10	10		10	10	10	10	10	10	10	
Regular: pie plantigrado, algunos grados de desalineación, sin síntomas	5	5								5			5								
Mala: pie no plantigrado, severa desalineación, sintomático																					0,5
<b>Superficie de la marcha</b>																					
Cualquiera															5						
Algunas dificultades en terrenos desparejos-escaleras-plano inclinado	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		3	3	3		3	3	3	3	3	3
Grave dificultad											0,5					0,5					
<b>Movilidad del retropié (inversión-eversión)</b>											0										
Normal (75-100%)																					
Grave restricción (<25%)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

## Valoración de la escala SF-36

La escala SF-36 se subdivide en 8 subescalas que hacen referencia a la función física, rol físico, dolor corporal, salud general, vitalidad, función social, rol emocional y salud mental, tal como se explica en la tabla 9 (Figura 27).

**Tabla 9**

### Valoración del SF-36 por subgrupos. Forma de obtención y valoración final de cada subgrupo

Escala	Suma final de los ítems, después de recodificados	% obtenido
Función física	17,5	42
Rol físico	4a+4b+4c+4d	15
Dolor corporal	7+8	32
Salud general	1+11a+11b+11c+11d	36
Vitalidad	9a+9e+9g+9i	44
Función social	6 + 10	55
Rol emocional	5a+5b+5c	27
Salud mental	9b+9c+9d+9f+9h	58

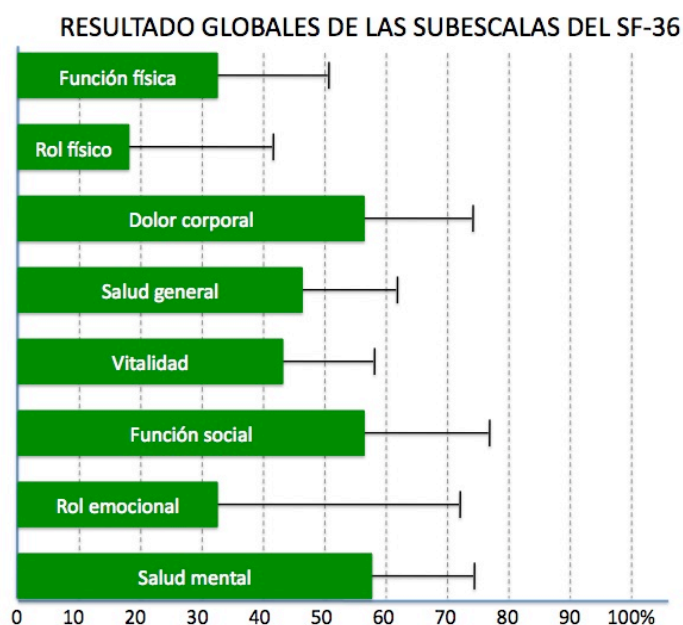


Figura 27. Resultados del cuestionario de calidad de vida (SF-36)

## RESULTADOS CON EL CUESTIONARIO DE SALUD SF-36 (VERSIÓN ESPAÑOLA 1.4 ) (junio de 1999) (Anexo 2).

EL SF-36 mostró aspectos de calidad de vida generales medios. En general, pocos pacientes se encontraban en los extremos de los ítems. En el término más negativo no encontramos ningún paciente. Si bien la mayoría de las respuestas mostraron una tendencia hacia lo negativo, como veremos a continuación revisando cada pregunta.

A la pregunta “En general, usted diría que su salud es:” , la mayoría de los pacientes (18/20) respondieron que era buena o regular y cuando se les preguntó: “¿Cómo diría que es su salud actual, comparada con la de hace un año?”, también una gran mayoría (14/20) respondieron que “Más o menos igual que hace un año”, si a estos les añadimos los dos que respondieron “Algo mejor ahora que hace un año” podemos entrever un estado general bueno en los pacientes encuestados. (Figura 28 ) (Figura 29).

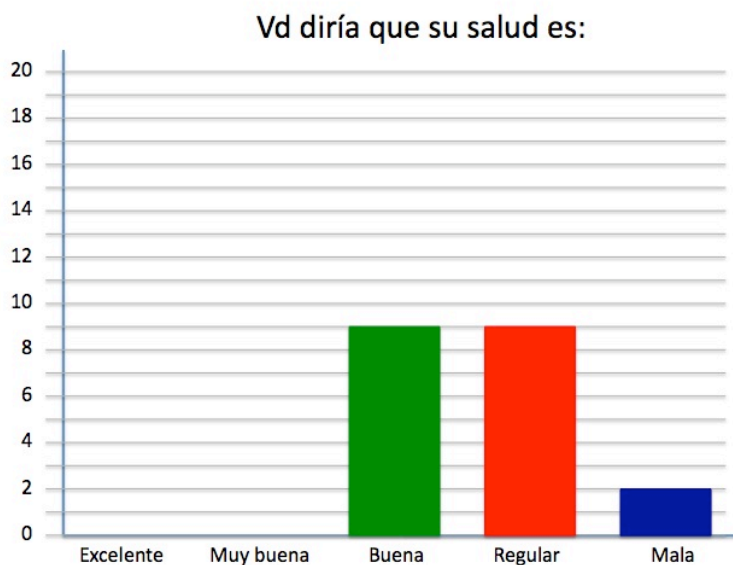


Figura 28

Cómo es su salud actual comparada con hace un año:

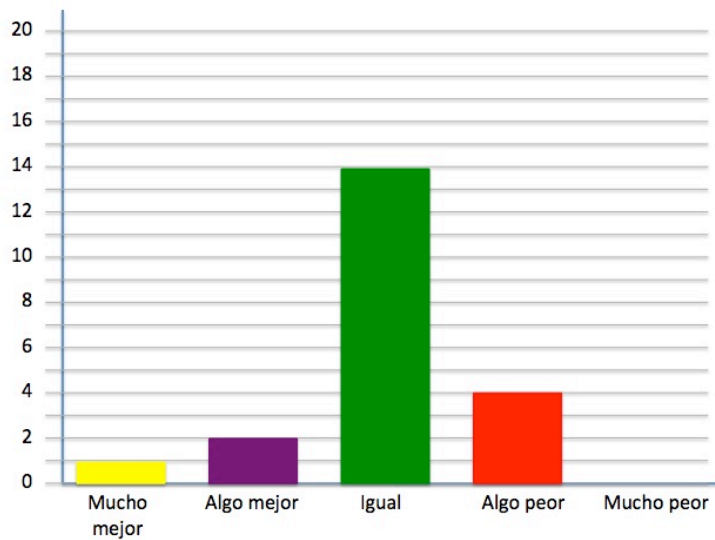


Figura 29

En el apartado de “Actividades o cosas que Vd podría hacer en un día normal”, ante la pregunta, “Su salud actual, ¿le limita para hacer esfuerzos intensos, tales como correr, levantar objetos pesados, o participar en deportes agotadores?”, 17 respondieron “Sí, me limita mucho” (Figura 30).

¿Está limitado para hacer esfuerzos intensos?

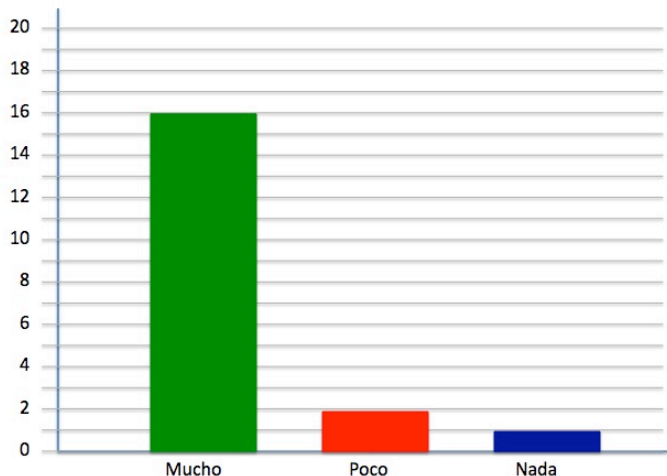


Figura 30

Más dispersión encontramos cuando se les preguntó: “Su salud actual, ¿le limita para hacer esfuerzos moderados, como mover una mesa, pasar la aspiradora, jugar a los bolos o caminar más de una hora?”, 8 respondieron “Sí, me limita mucho” y 10 “Sí, me limita un poco” (Figura 31);

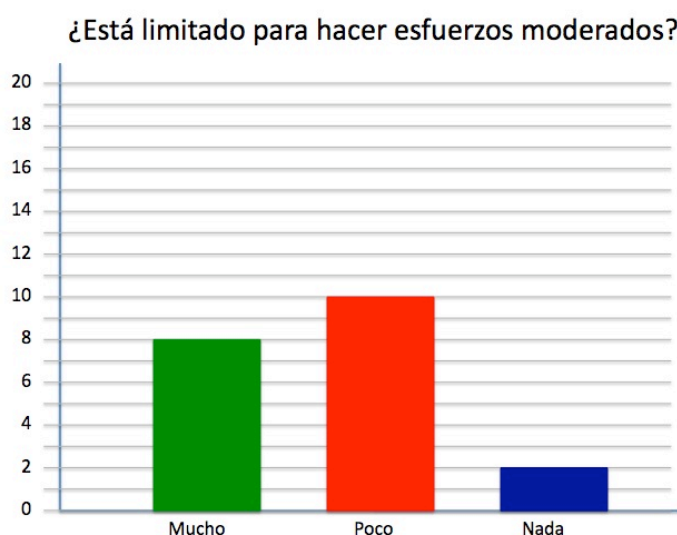


Figura 31

aunque ante “Su salud actual, ¿le limita para coger o llevar la bolsa de la compra?”, once dijeron “Sí, me limita un poco” y cinco “No, no me limita nada” (Figura 32).



Figura 32

En las cuestiones referentes a los aspectos relacionados con la marcha, como “Su salud actual, ¿le limita para subir varios pisos por la escalera?”, doce señalaron “Sí, me limita mucho” y 8 “Sí, me limita un poco”. Descendiendo en la intensidad del esfuerzo, las respuestas mejoraron (Figura 33).

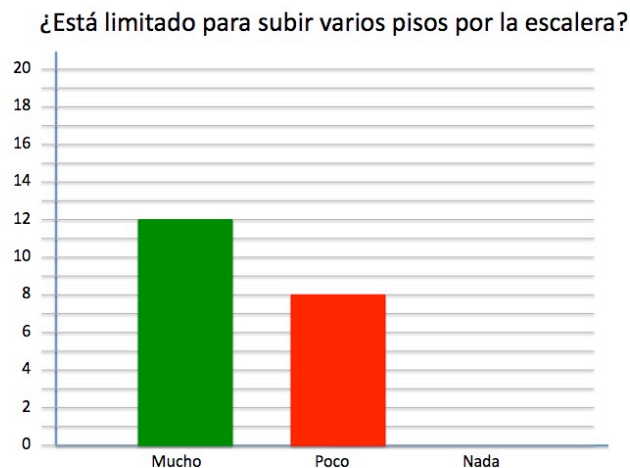


Figura 33

Ante “Su salud actual, ¿le limita para subir un solo piso por la escalera?”, solo tres mostraron que “Sí, me limita mucho”, al resto no los limitaba o lo hacía muy poco (Figura 34).



Figura 34



Un ejercicio muy concreto como es “Su salud actual, ¿le limita para agacharse o arrodillarse?”, 10 dijeron que les limitaba mucho (10/20) y 9 que “Sí, me limita un poco” (Figura 35).

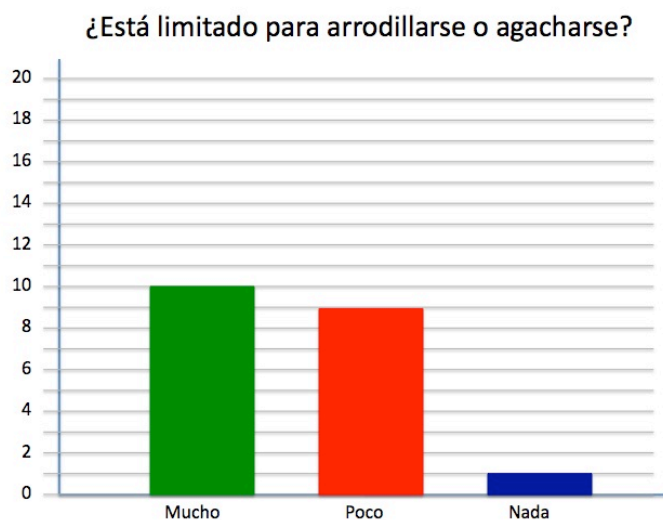


Figura 35

La marcha se repite en los diferentes cuestionarios presentados, “Su salud actual, ¿le limita para caminar un kilómetro o más?”, 12 señalaron que “Sí, me limita mucho” y 8 “Sí, me limita un poco” (Figura 36).



Figura 36

De nuevo, disminuyendo la intensidad del ejercicio, “Su salud actual, ¿le limita para caminar varias manzanas (varios centenares de metros)?”, mejoraron las repuestas. Sólo 6 pacientes respondieron “Sí, me limita mucho” (Figura 37).

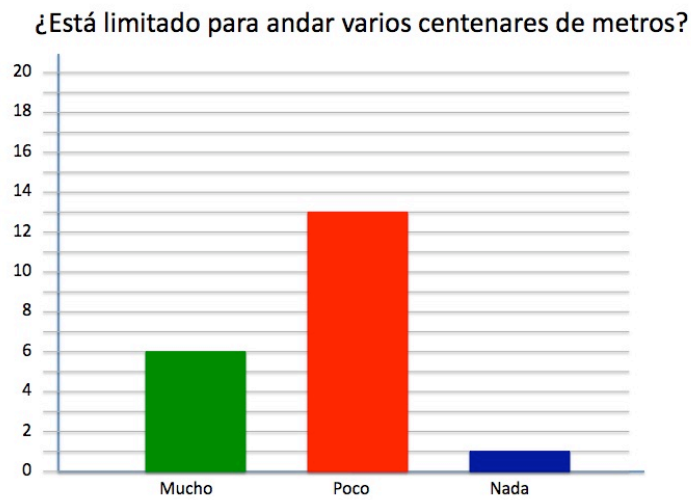


Figura 37

Ante la pregunta, “Su salud actual, ¿le limita para caminar una sola manzana (unos 100 metros)?”, era más positiva, solo dos pacientes estaban muy limitados (Figura 38).

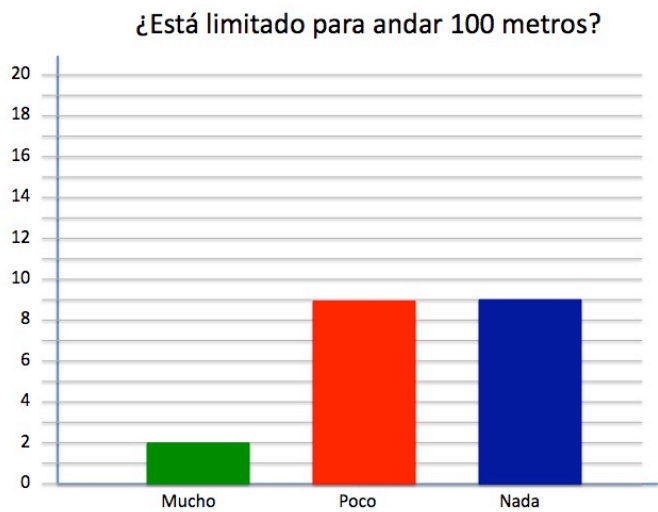


Figura 38

Sin embargo, casi todos los pacientes indicaron que “Su salud actual, ¿le limita para bañarse o vestirse por sí mismo?” les limita un poco (4/20) o no limita nada (16/20) (Figura 39). Es decir que todos los pacientes artrodesados se valen por si mismos para la vida diaria y puede caminar unos 100 m.

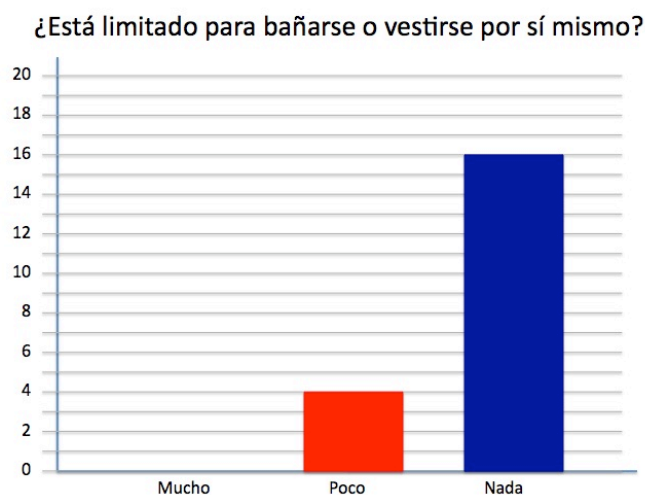


Figura 39

En el apartado sobre los problemas en su trabajo o en sus actividades cotidianas. Ante la pregunta, “Durante las 4 últimas semanas, ¿tuvo que reducir el tiempo dedicado al trabajo o a sus actividades cotidianas, a causa de su salud física?”, contestaron si 14 pacientes y no, 6 (Figura 40).

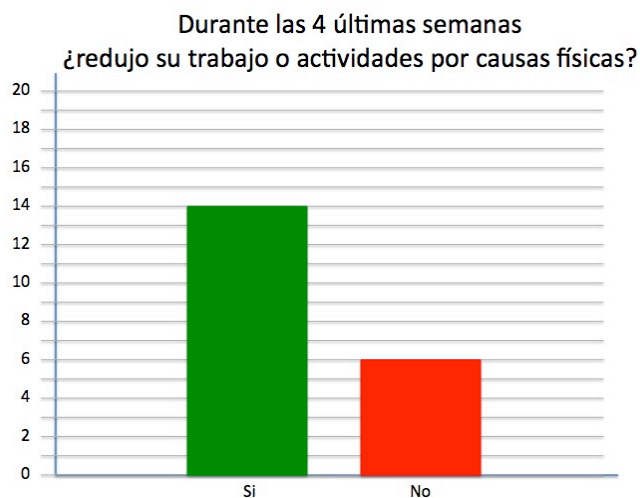


Figura 40

Igualmente, cuando se les preguntó si “Durante las 4 últimas semanas, ¿hizo menos de lo que hubiera querido hacer, a causa de su salud física?”, contestaron si 17 y 3 dijeron que no (Figura 41).



Figura 41

Preguntados, “Durante las 4 últimas semanas, ¿tuvo que dejar de hacer algunas tareas en su trabajo o en sus actividades cotidianas, a causa de su salud física?”, 18 dijeron que si (Figura 42).

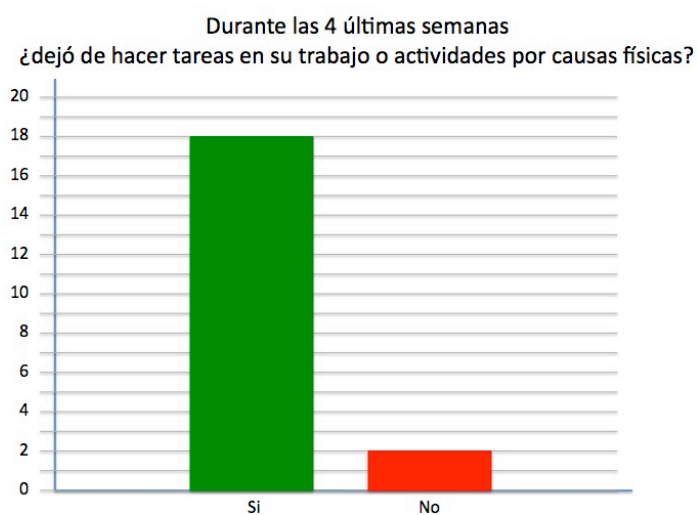


Figura 42

Cuando se les preguntó “Durante las 4 últimas semanas, ¿tuvo dificultad para hacer su trabajo o sus actividades cotidianas (por ejemplo, le costó más de lo normal), a causa de su salud física?”, 19 contestaron “si” (Figura 43).

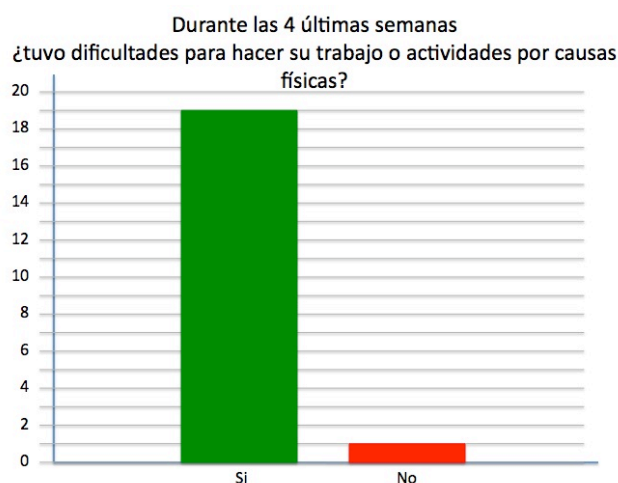


Figura 43

También “durante las 4 últimas semanas, ¿tuvo que reducir el tiempo dedicado al trabajo o a sus actividades cotidianas, a causa de algún problema emocional (como estar triste, deprimido, o nervioso?”, 15 dijeron si, y 5 no (Figura 44).

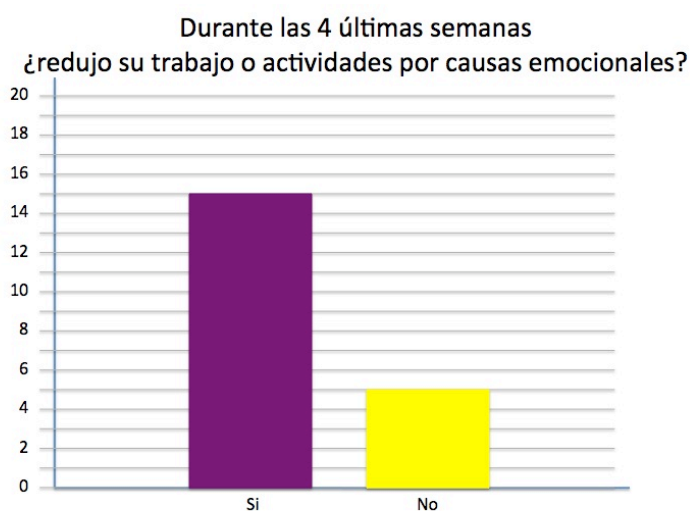


Figura 44

Ante la cuestión de si “Durante las 4 últimas semanas, ¿hizo menos de lo que hubiera querido hacer, a causa de algún problema emocional (como estar triste, deprimido, o nervioso)?”, 14 dijeron si y 6 que no (Figura 45).



Figura 45

Insistiendo ante “Durante las 4 últimas semanas, ¿no hizo su trabajo o sus actividades cotidianas tan cuidadosamente como de costumbre, a causa de algún problema emocional (como estar triste, deprimido, o nervioso)?”, contestaron afirmativamente 12 (Figura 46).



Figura 46

Preguntados sobre las relaciones sociales, “Durante las 4 últimas semanas, ¿hasta qué punto su salud física o los problemas emocionales

han dificultado sus actividades sociales habituales con la familia, los amigos, los vecinos u otras personas?”, las respuestas fueron más variadas, nada contestaron 3, un poco 4, regular otros 4 y bastante 9 (Figura 47).

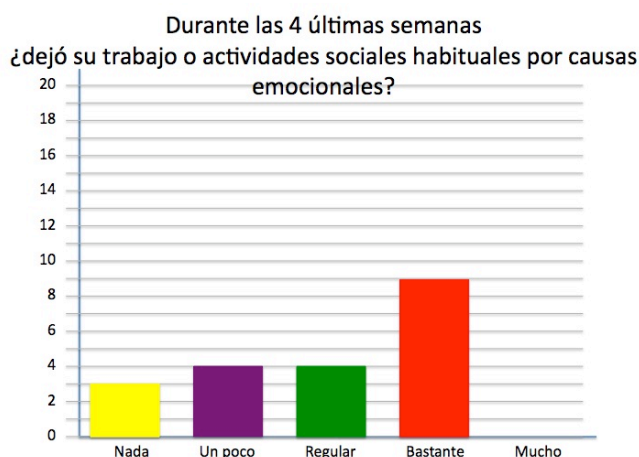


Figura 47

El dolor es otro aspecto de interés en el cuestionario de calidad SF-36, “¿Tuvo dolor en alguna parte del cuerpo durante las 4 últimas semanas?”, respuestas de poco grado de dolor de intensidad variable fueron tres pacientes mientras que dolor moderado o intenso lo señalaron 17 encuestados (Figura 48).

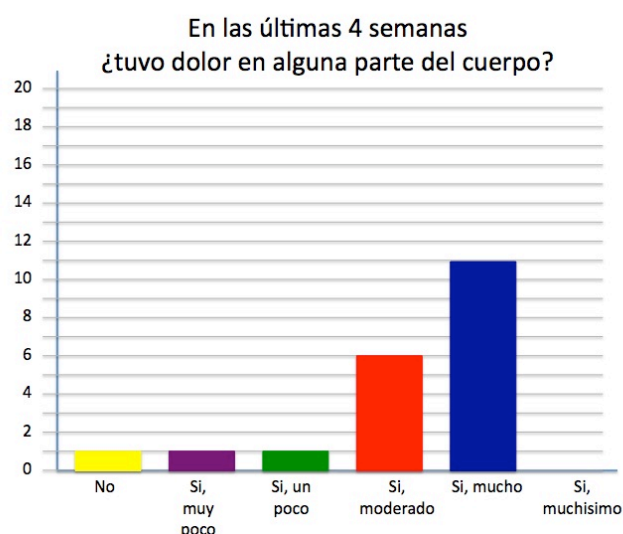


Figura 48

Ante la pregunta “Durante las 4 últimas semanas, ¿hasta qué punto el dolor le ha dificultado su trabajo habitual (incluido el trabajo fuera

de casa y las tareas domésticas)?”, “regular” y, sobre todo, “bastante” respondieron 18 pacientes (Figura 49).

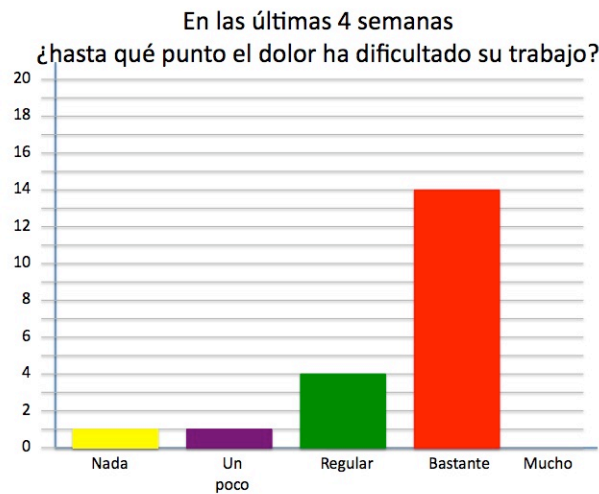


Figura 49

Otro apartado del cuestionario se refiere a ítems relacionados con “Cómo le han ido las cosas durante las 4 últimas semanas”. Las preguntas fueron, “Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió lleno de vitalidad?” (Figura 50), muy positivos fueron 3 respuestas, la mayoría señaló que “algunas veces” (13/20) y más negativos fueron 4 pacientes.



Figura 50



Ante la pregunta, “Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo estuvo muy nervioso?”, muchas veces lo señalaron 3 pacientes, algunas veces 12 y nunca o solo una vez 5 (figura 51).



Figura 51

Siguiendo con “Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió tan bajo de moral que nada podía animarle?”, casi siempre y muchas veces lo indicaron 4 personas, alguna vez 9 y más positivos fueron 7 pacientes (Figura 52).



Figura 52

Preguntando a la inversa, “Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió calmado y tranquilo?” positivos fueron 7 personas, “algunas veces” lo escogieron 11 pacientes y “solo alguna vez” lo indicaron dos. También ante la cuestión (Figura 53),



Figura 53

“Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo tuvo mucha energía?”, casi siempre y muchas veces lo reflejaron 3 personas, “algunas veces” 10 y más negativos fueron 7 (Figura 54).



Figura 54

Siguiendo con estos aspectos, ante la pregunta “Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió desanimado y triste?”, todas las respuestas se concentraron en los resultados medios, nadie dijo “siempre”, “Muchas veces” o “Nunca”. Todos respondieron “Muchas veces”, “Algunas veces” o “Sólo alguna vez” (Figura 55).



Figura 55

“Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió agotado?”, respondieron mucho 9 y “algunas veces” o “alguna vez” 11 (Figura 56).



Figura 56

Por el contrario, “Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió feliz?”, solo un paciente refirió que siempre, 14 se mostraron en la parte media con casi siempre o muchas veces, pero la respuesta de algunas veces lo apuntaron 8 personas y sólo alguna vez, 5. Nadie respondió “Nunca” (Figura 57).



Figura 57

Respondieron a “Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió cansado?”, mucho 12 pacientes y poco, 8. y a la cuestión planteada (Figura 58),



Figura 58

“Durante las 4 últimas semanas, ¿con qué frecuencia la salud física o los problemas emocionales le han dificultado sus actividades sociales (como visitar a los amigos o familiares)?”, “Casi siempre” o “algunas veces”, 12 personas y “Sólo alguna vez” o “Nunca” 8 pacientes (Figura 59).

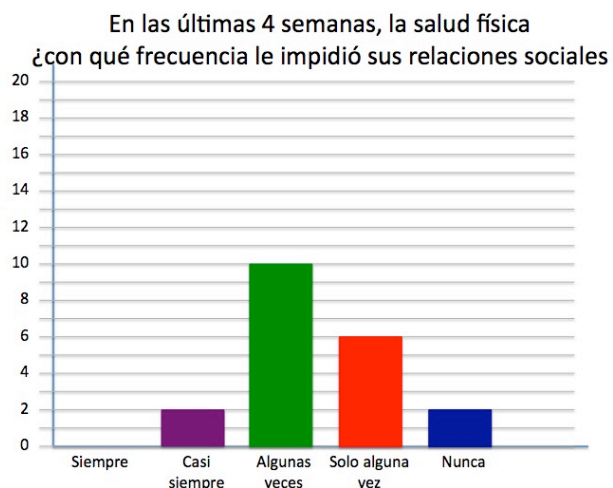


Figura 59

Finalmente, se plantearon cuestiones para decir si las preguntas eran falsas o ciertas en diferentes grados. Ante, “Creo que me pongo enfermo más fácilmente que otras personas”, la mayoría o no lo sabían o lo consideraban falso. Tan solo un paciente reflejó que le parecía cierta (Figura 60).

¿Creo que me pongo enfermo más fácil que otras personas?

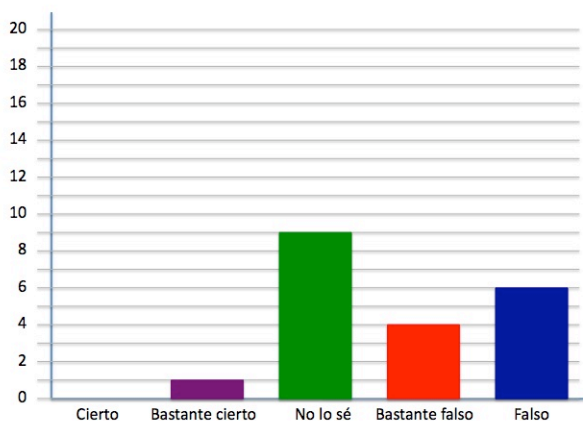


Figura 60

Ante “Estoy tan sano como cualquiera”, solo dos lo consideraron “Bastante cierta”. De nuevo 10 no sabían responder y 8 la consideraron falsa (Figura 61).

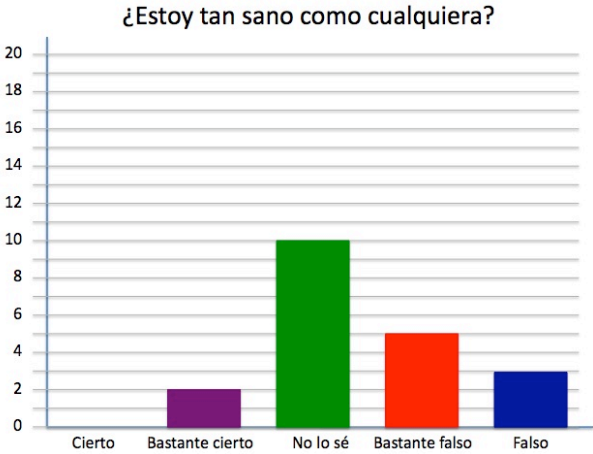


Figura 61

Frente a la valoración de “Creo que mi salud va a empeorar”, no lo sabían 12 y 3 lo consideraron totalmente falsa (Figura 62).

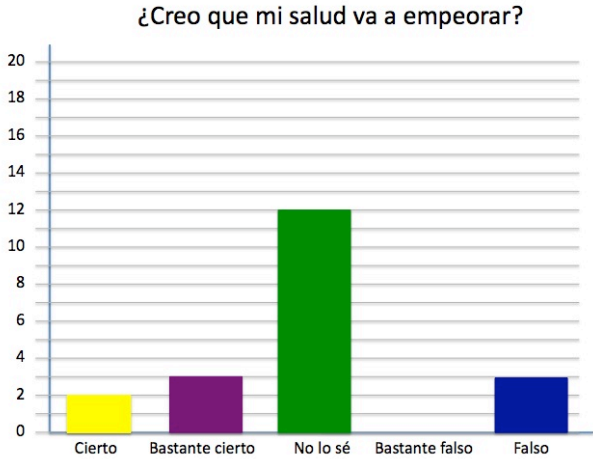


Figura 62

Finalmente, cuando se preguntó, “Mi salud es excelente”, “Bastante cierta” lo refirieron 3 pacientes, no lo sabían 5, falsa lo apuntaron 12 personas (Figura 63).

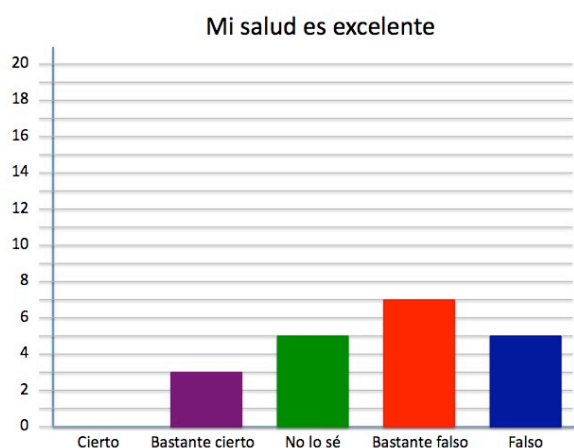


Figura 63.

## RESULTADOS CONJUNTOS CON LAS ESCALAS DE MAZUR Y AOFAS

### DOLOR

En la escala AOFAS la ausencia de dolor o el dolor leve y ocasional lo encontramos en el 40% de los pacientes, la mayoría reflejaron un dolor moderado diario y un 15% señalaron un dolor grave constante (Figura 64). De forma semejante, con la escala de Mazur, un 50% reflejaron ausencia de dolor, dolor ligero después de caminar una distancia considerable o moderado al hacer un esfuerzo. Otro 25% señaló la necesidad de tomar analgésicos de forma continua y otro 25% dolor continuo y fuerte (Figura 65). Con las dos escalas hay una mitad de pacientes que señalan un buen resultado y otra mitad que muestran persistencia de dolor después de la cirugía.

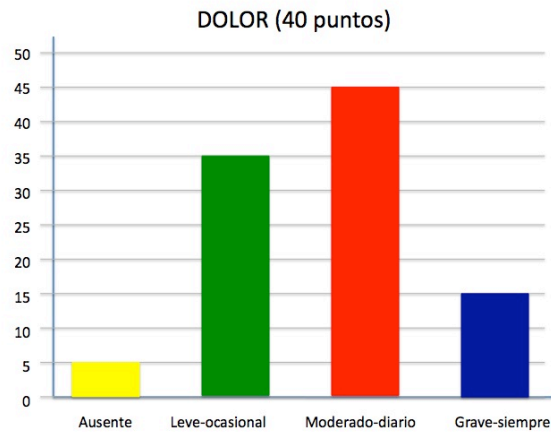


Figura 64

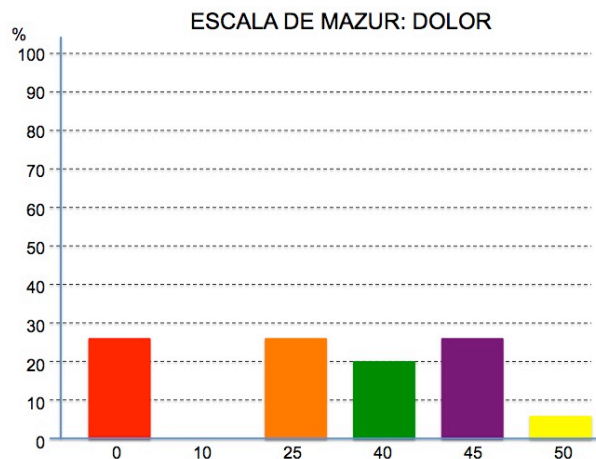


Figura 65

## ACTIVIDAD

Muy pocos pacientes (5%) contestaron en la escala AOFAS no tener limitaciones a su actividad. La mayoría (70%) señalaron no tener limitación a la actividad diaria pero si a la deportiva. El resto (20%) si que presentaron limitaciones a sus actividades diarias (Figura 66). En la escala de Mazur se salvó la función, entendida como la cojera antiálgica, que fue moderada en el 25%, ligera en el 50%, marcada en el 15% y no apareció en el 10% de los pacientes.



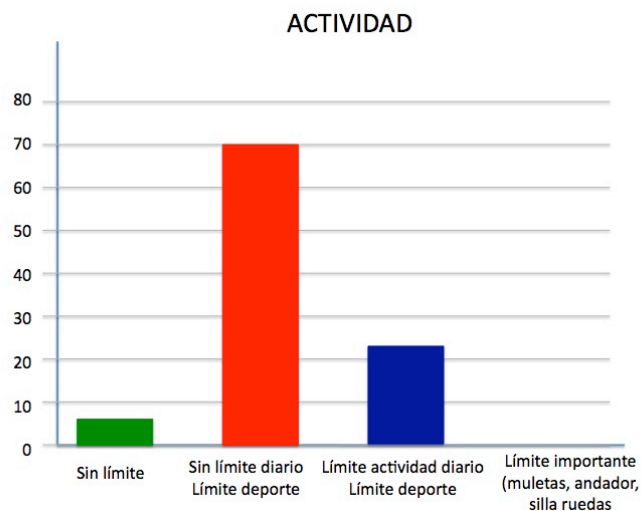


Figura 66

### POSICIÓN DEL TOBILLO Y MOVILIDAD

En la escala AOFAS, al preguntar sobre la sensación de estabilidad o inestabilidad del tobillo, una gran mayoría (90%) contestaron que sentían su tobillo estable (Figura 67). Al preguntar sobre la alineación, un 75% respondieron que tenían un buen apoyo plantigrado y el talón alineado; el 20% dijeron que su alineación era regular y un 5% que era mala.

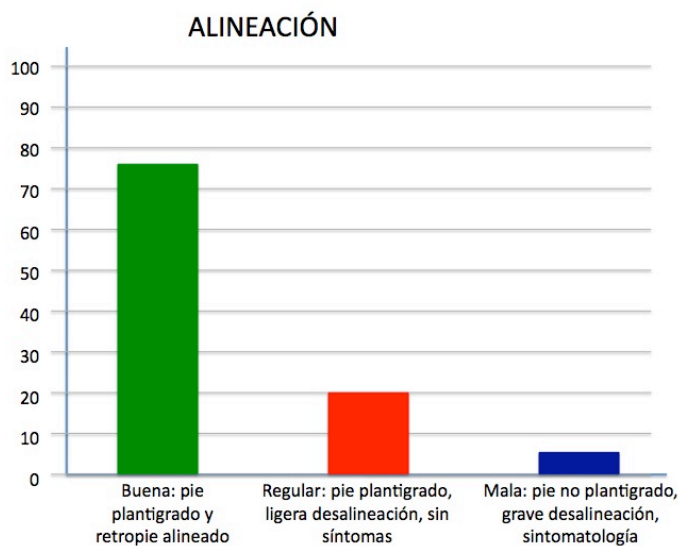


Figura 67

En cuanto a la movilidad sagital, en la flexión dorso-plantar, con la escala AOFAS, el 85% señalaron tener, como es lógico, una grave

restricción. Un 15% dijeron tener una restricción moderada. Todos los encuestados dijeron tener una grave restricción al movimiento de eversión - inversión.

La escala Mazur, diferencia la movilidad sagital en dos movimientos. A la dorsiflexión neutra, es decir flexión dorsal a partir de 0°, un 40% tenían 0° de movimiento, un 35% 5° de restricción y un 25%, 10° (Figura 68). En el movimiento de flexión plantar neutra, el 35% tenían 0°, el 45% 5°, el 10% 10° y el 5% 20° y otro porcentaje igual, 30° (Figura 69). Al preguntarles sobre su capacidad para colocarse de puntillas un 45% dijeron que no podían, un 5% lo hacía 5 veces y un 50% llegaron a hacerlo hasta 10 veces.

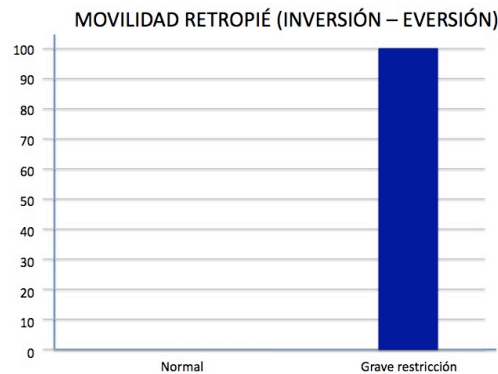


Figura 68

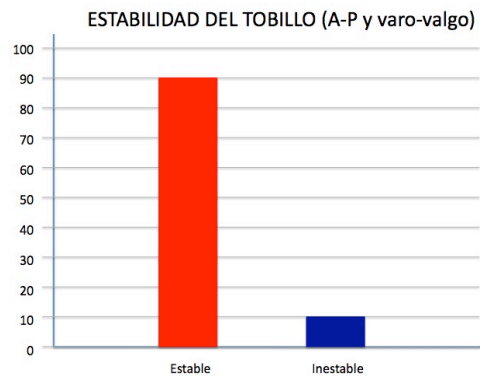


Figura 69

## CAMINAR Y DISTANCIA

Una pregunta interesante e importante, es la necesidad de apoyos, que se anotaron en la escala de Mazur. El 90% de los pacientes no precisaron de ellos y solo un 10% necesitaron cuando caminaban largas distancias.

Con la escala AOFAS, un 10% no señalaron ninguna anomalía en el paso y un 60% mostraron una anomalía notable. Otro 10% presentaron una anomalía entre el 15° y 28° y un 20% alteraciones marcadas (Figura 70).

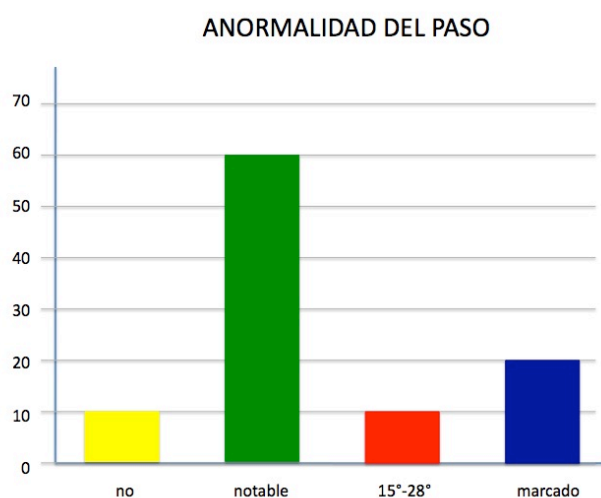


Figura 70

La distancia recorrida aparece en las dos escalas, AOFAS y Mazur. Respondiendo a la escala AOFAS, la distancia máxima, medida en manzanas, que fueron capaces de andar los pacientes fueron un 35%, más de 6 manzanas; el 20% de cuatro a seis; el 35% de una a tres y, por último, el 10% menos de 1 (Figura 71).

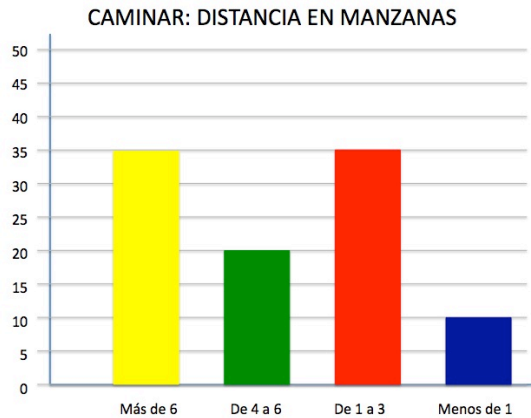


Figura 71

Por el contrario, según la escala de Mazur respondida por los pacientes, un 10% señalaron que podían andar sin límites, un 45% entre 4 y 6 manzanas y otro 45% entre una y tres manzanas. Ninguno reflejó quedarse en casa, estar sentado o acostado la mayor parte del tiempo o un caminar inestable.

Relacionado con la marcha, en la escala AOFAS, se preguntó sobre la superficie de marcha donde son capaces de caminar. Un 5% se mostraron capaces de caminar sobre cualquier superficie, el 85% tenían dificultades para caminar en terrenos desparejos, escaleras o plano inclinado y un 10% señalaron una grave dificultad (Figura 72). Con la escala de Mazur, al preguntar a los pacientes sobre su capacidad para correr, un 80% dijeron que no podían y un 20% corrían con limitaciones.

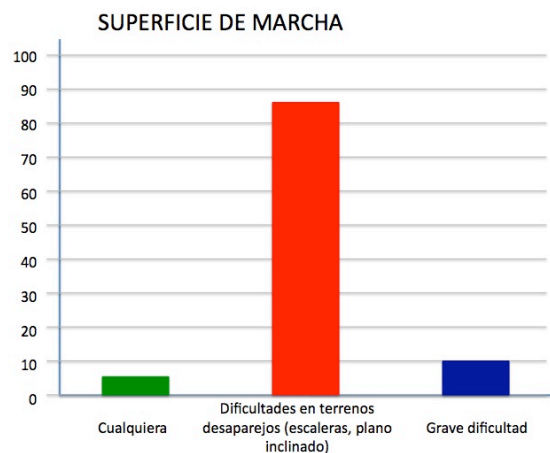


Figura 72

## SUBIR Y BAJAR ESCALERAS Y PENDIENTES

La escala de Mazur et al (115) diferencia y valora la posibilidad de bajar y subir pendientes. Para bajar pendientes, el 20% reflejaron normalidad, el 40% dijeron que tenían que colocar el pie en rotación externa y otro 40% que debían apoyar sobre los dedos o realizar un apoyo externo (Figura 73). Para subir pendientes, un 15% mostraron normalidad, un 70% lo hacían con el pie en rotación externa y otro 15% apoyaban sobre los dedos o la parte externa del pie (Figura 74).

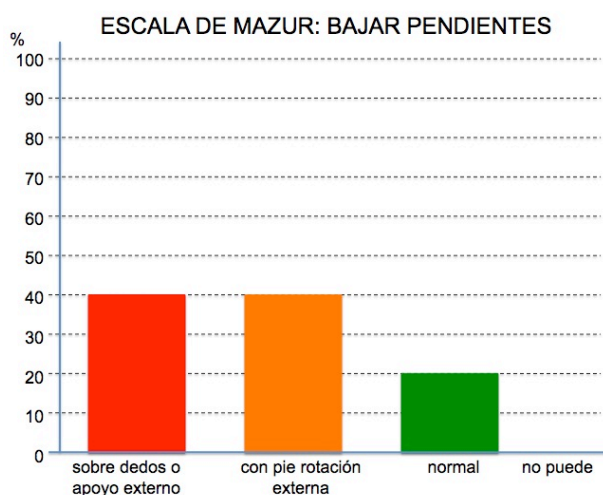


Figura 73

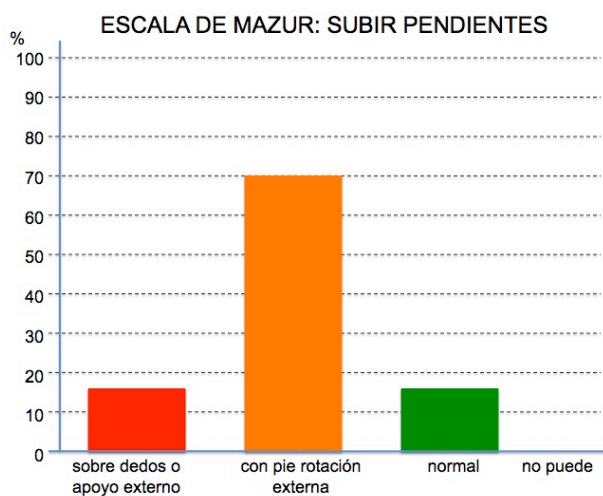


Figura 74

También en la escala de Mazur anotamos la capacidad para subir y bajar escaleras. Para subir las escaleras, un 5% lo hacían con normalidad; el 15% apoyaba sobre el pie sano y el 80% necesitó ayudarse con la barandilla (Figura 75). Para bajar escaleras, encontramos un 20% de pacientes que lo hacían con normalidad y un 10% no eran capaces. El 25% apoyaban con el pie sano y el 45% precisaban de agarrarse a la barandilla (Figura 76).

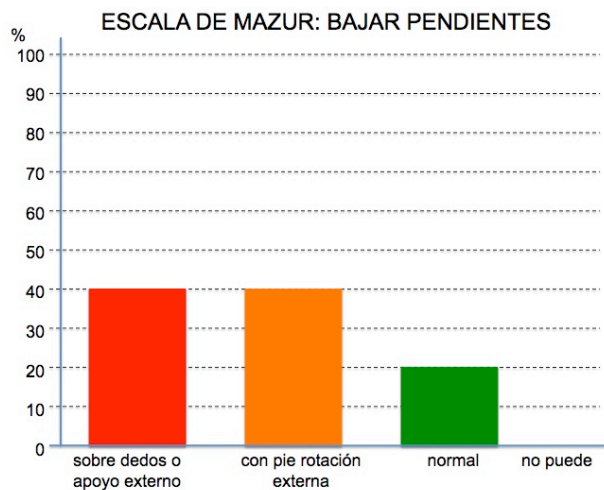


Figura 75

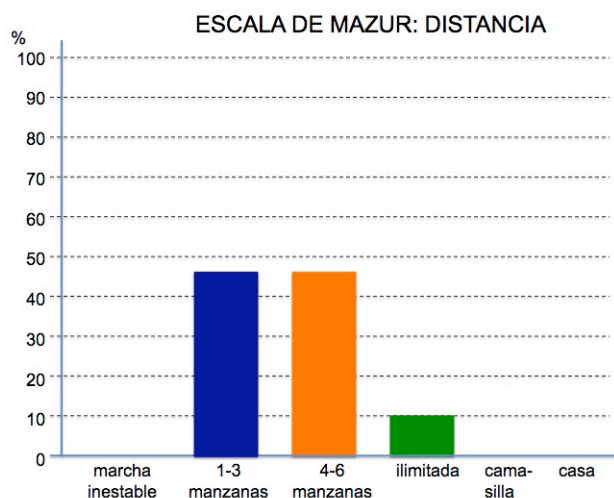


Figura 76

## RESULTADOS GLOBALES DE LAS TRES ESCALAS DE VALORACIÓN UTILIZADAS

En la Figura 77 y en la tabla 10 representamos los resultados obtenidos en las tres escalas consultadas, una de calidad de vida y otras dos funcionales. Viendo que no hay una relación clara entre ellas. Los pacientes muestran buenos resultados funcionales y pobres valoraciones de calidad de vida lo que puede explicarse por ser pacientes laborales. En el caso del paciente 10 llamó la atención la baja valoración funcional y la alta valoración con el SF-36.

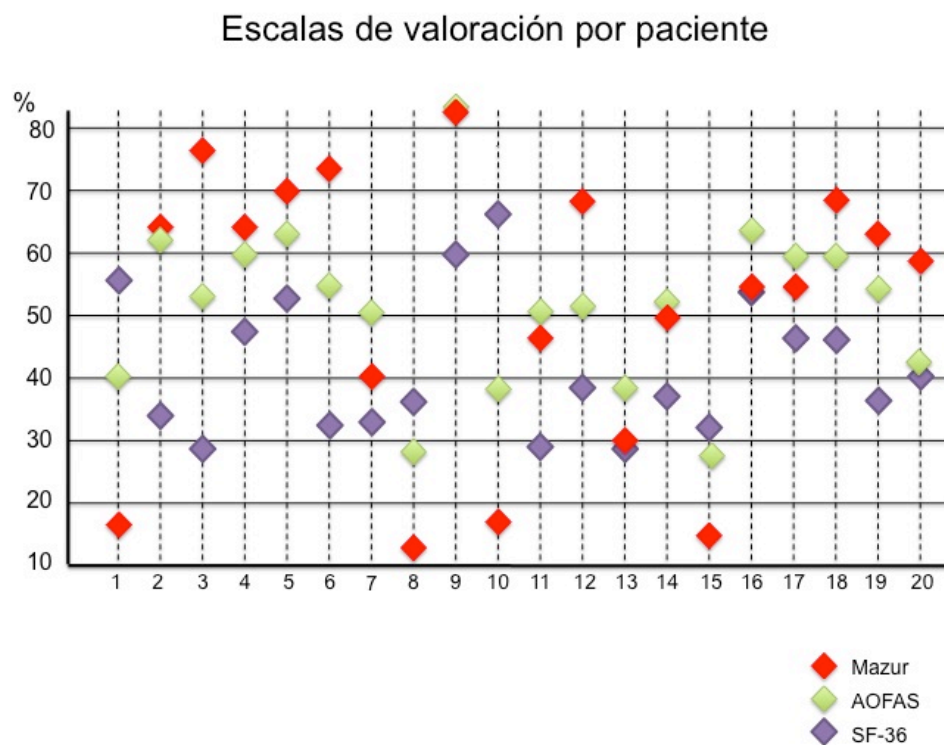


Figura 77

Tabla 10

Resultados globales de cada paciente con el SF-36, la escala  
AOFAS y la de Mazur

Paciente	AOFAS (0 a 90 puntos)	SF-36 (0 - 100 puntos)*	Mazur (0 a 97 puntos)
1	42	56	17
2	64	36	65
3	57	30	78
4	61	49	65
5	64	53	71
6	57	34	74
7	52	35	41
8	22	38	14
9	84	61	83
10	40	68	19
11	54	31	48
12	54	40	70
13	40	29	31
14	54	39	51
15	28	34	14
16	65	55	57
17	61	49	57
18	61	49	70
19	56	39	64
20	44	41	60

\* media aritmética de la suma de las 8 subescalas



## RESULTADOS CLÍNICOS: VALORACIÓN RADIOGRÁFICA

Analizando los resultados obtenidos en las mediciones radiográficas, hicimos una distribución de frecuencias y consideramos el ángulo de artrodesis sagital entre  $105^{\circ}$  y  $115^{\circ}$  como valores normales. Ambos pies mostraron una distribución de frecuencias gaussiana si bien la curva es más elevada en los pies sanos y más aplanada en los artrodesados. Los valores de los pies artrodesados muestran un desplazamiento hacia la derecha, hacia valores más altos (Figura 78).

### RADIOGRAFÍA LATERAL: ÁNGULO SAGITAL

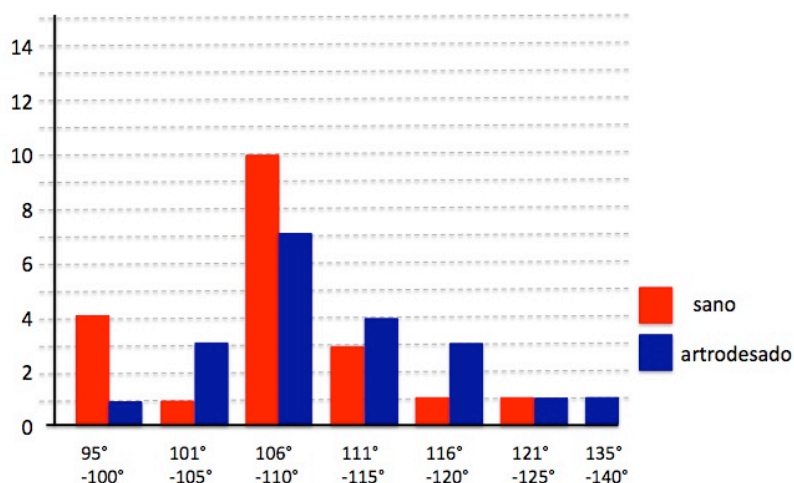


Figura 78. Ángulo sagital radiográfico del tobillo sano y artrodesado. La gráfica muestra un desplazamiento hacia la derecha, valores más altos, en los tobillos artrodesados.

Estudiando la angulación del talón, visto por detrás, la mayoría de los pacientes se mantuvieron en valores normales neutros ( $0^{\circ}$ ) o con un valgo ligero. Sin embargo, cuatro tenían valores entre  $6^{\circ}$  y  $10^{\circ}$  y tres superaron los  $11^{\circ}$ , uno de ellos alcanzando los  $26^{\circ}$  de valgo. Tan sólo un paciente quedó con una deformación en varo de su pie artrodesado pero, también, tenía un varo de la misma magnitud en el pie contralateral (Figura 79).

### ÁNGULO TALÓN: VARO - VALGO

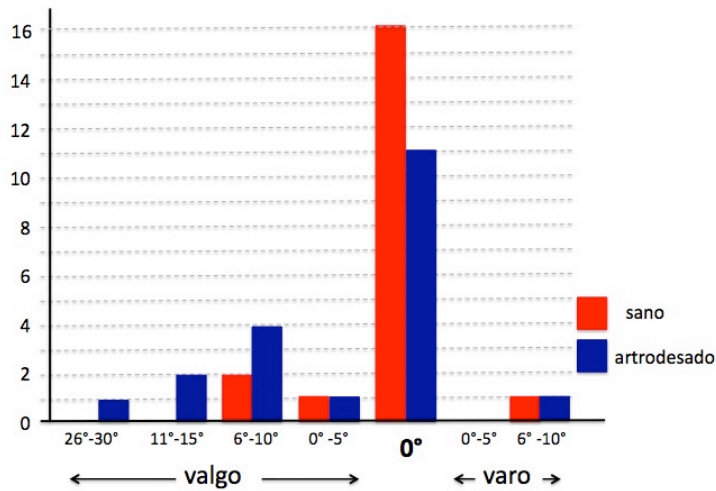


Figura 79. La mayoría de los tobillos artrodesados tienen un ángulo de talón neutro, si bien hay casos con diferentes ángulos en valgo.

Por último, anotamos los signos radiográficos degenerativos en las articulaciones vecinas del tarso. Dieciséis de los veinte pacientes presentaron signos artrósicos en el pie artrodesado en la articulación de Chopart y también 16 tenían signos en la articulación subastragalina. Tan solo un paciente tenía signos degenerativos en el Chopart del pie sano (Figura 80).

### ARTROSIS ARTICULACIONES TARSO

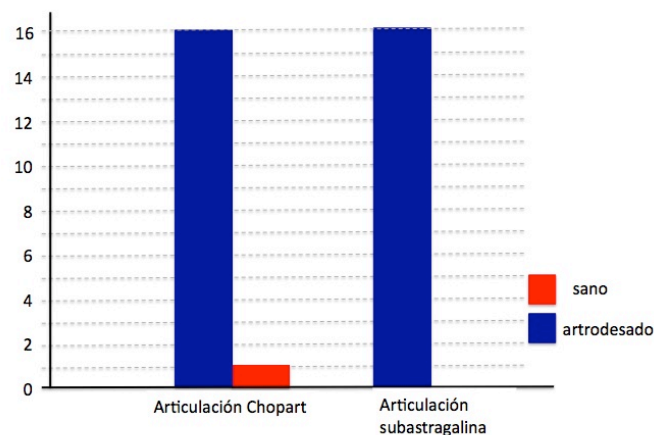


Figura 80. La mayoría de las articulaciones adyacentes del pie artrodesado mostraron signos artrósicos

## RESULTADOS BIOMECÁNICA DE LA MARCHA

### Estudio cinemático de la marcha

Analizados los movimientos articulares durante el paso, de la extremidad sana y la operada, sólo encontramos diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,001$ ) entre la movilidad del tobillo artrodesado y el sano. Esta diferencia puede parecer lógica pero el análisis de movimiento recoge la compensación de las articulaciones vecinas. A pesar de ello, la movilidad es menor en el tobillo artrodesado ( $p \leq 0,001$ ), es decir, las articulaciones vecinas no llegaron a compensar el movimiento del tobillo artrodesado (Tabla 11) (Figura 81).

**Tabla 11**

**Movilidad en la extremidad artrodesada y no artrodesada  
(valores medios (X) y desviación estándar (DE))**

	No artrodesado		Artrodesado	
	X	DE	X	DE
tiempo (sec)	0,84	0,11	0,76	0,12
Cadera (°)	46,24	11,16	44,87	12,36
Rodilla (°)	65,89	10,11	64,76	7,67
Tobillo (°)	20,07**	5,37	15,03**	3,04
Inclinación pelvis (°)	6,17	3,83	5,64	3,1
Abducción cadera	12,69	6,31	11,45	4,64
Oblicuidad pelvis (°)	7,01	4,89	6,94	4,69

(\*\*  $p < 0,001$ )

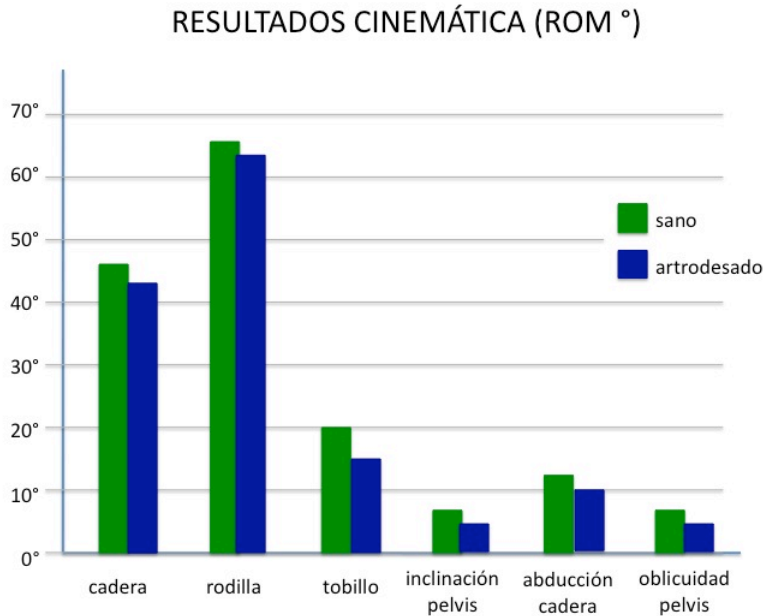


Figura 81. Valor en grados del rango de movilidad de las articulaciones del miembro inferior, en el lado sano y en el artrodesado

### Estudio cinético de la marcha

Analizamos las fuerzas axiales de impacto de talón, apoyo monopodal y despegue del primer dedo, tanto en el pie artrodesado como no artrodesado en el ciclo de marcha. En las tablas 12 y 13 se muestran los resultados de las fuerzas axiales y antero-posteriores, así como los tiempos, expresados en porcentaje, del pie derecho e izquierdo, de cada una de las pruebas realizadas.

También analizamos las fuerzas ántero-posteriores del pie artrodesado y no artrodesado (Tabla 14). En el mismo paso, obtuvimos los tiempos de apoyo, apoyo monopodal, doble apoyo y momento del cambio de las fuerzas anteriores a posteriores, del pie artrodesado y no artrodesado, expresados en porcentajes (Tabla 15). Las fuerzas axiales fueron semejantes en ambos pies, sin encontrar diferencias estadísticamente significativas. También las fuerzas ántero - posteriores fueron parecidas, si bien las fuerzas de apoyo anterior fueron mayores en el pie artrodesado que en el sano aunque no encontramos significación estadística (Figura 82).

Los porcentajes de apoyo monopodal del pie artrodesado (58,46% del ciclo de marcha) y no artrodesado (56,21% del ciclo de marcha) fueron semejantes. El doble apoyo fue el 14,29% del ciclo. Sin embargo, el momento de cambio de las fuerzas de apoyo de anterior a posterior se produjo en el 50,37% (DE: 9,78) del apoyo del pie artrodesado y en el 41,67% (DE: 12,37) del apoyo del pie no artrodesado, con una significación de  $p < 0,067$  (Figura 83) (Figura 84).

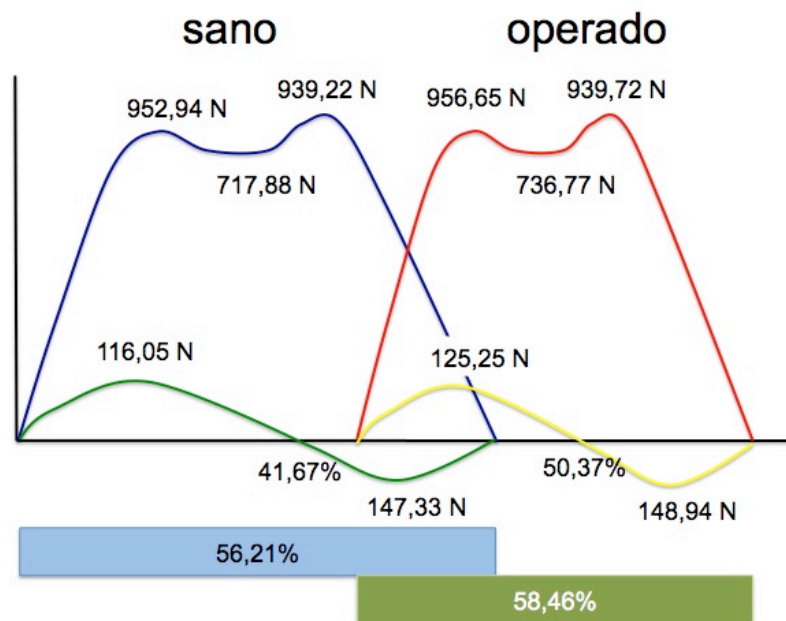


Figura 82. Valores medios de las fuerzas de reacción axiales (línea azul, pie sano; línea roja, pie artrodesado) y antero-posteriores (línea verde pie sano; línea amarilla, pie artrodesado), así como la duración (%) de ambos apoyos

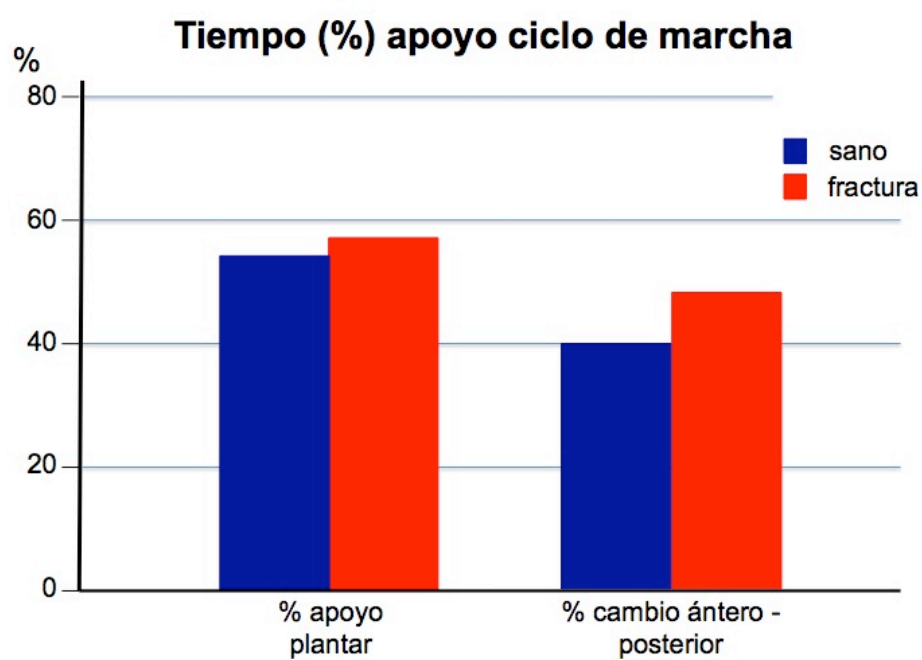


Figura 83

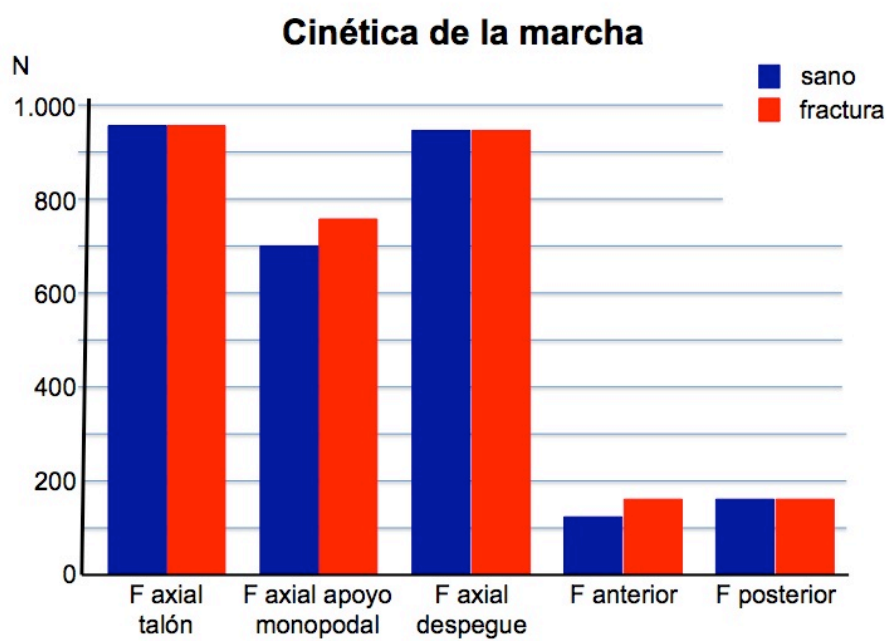


Figura 84

TABLA 12

CINÉTICA DE LA MARCHA

Pie no artrodesado

Pie artrodesado

Paciente	Lado operado	Peso (kg)	FXT	FXV	FXD	FA	FP	FXT	FXV	FXD	FA	FP
1	D	95	1050	860	955	117	154	1116	822	1056	91	181
2	D	76	769	674	717	42	96	713	639	759	113	34
3	D	105	979	908	1056	88	148	1013	833	1072	125	185
4	I	54	539	494	513	48	50	581	518	550	45	56
5	D	89	905	783	894	62	109	900	787	950	81	161
6	D	84	1007	585	982	176	177	1058	573	960	67	176
7	D	80	939	546	885	166	136	949	505	888	140	158
8	D	100	1030	673	1014	213	224	1263	618	1071	242	259
9	D	102	1016	878	1117	133	168	1044	864	967	103	141
10	D	97	1111	746	1031	173	187	965	767	992	120	145
11	I	109	1253	801	1164	210	210	1195	773	1136	226	175
12	D	110	1130	930	1151	193	167	1112	920	1175	148	176
13	I	68	737	537	846	141	196	673	585	659	115	129
14	D	78	861	696	840	109	116	805	698	830	76	108
15	D	105	1225	986	1125	113	151	1225	928	1120	98	123
16	D	117	1313	1009	1203	127	200	1214	944	1193	137	167
17	D	73	755	627	768	101	122	738	622	839	83	172
18	I	98	1083	607	1099	162	255	1001	624	1205	160	277
19	D	63	601	529	654	47	70	589	526	689	79	106

(FXT: fuerza axial talón; FXV: fuerza axial apoyo monopodal; FXD: fuerza axial despegue dedos; FA: fuerza anterior; FP: fuerza posterior)

TABLA 13  
PORCENTAJES TIEMPOS CICLO MARCHA

Paciente	Lado operado	Tiempo total paso (sec)	% Apoyo artrodesado	% Apoyo no artrodesado	% Doble apoyo	% a-p artrodesado	% a-p no artrodesado
1	D	1,37	56,20	56,90	13,13	32,12	24,08
2	D	1,43	53,85	57,34	11,18	31,46	30,06
3	D	1,47	65,30	59,86	16,32	31,97	27,89
4	I	1,71	58,47	56,72	15,20	23,39	31,58
5	D	1,63	57,66	61,96	13,49	30,06	24,54
6	D	1,33	54,88	60,15	15,03	30,82	5,00
7	D	1,27	55,90	56,69	12,60	31,49	29,13
8	D	1,20	55,83	62,50	19,17	30,83	33,34
9	D	1,55	60,64	54,84	15,48	30,97	24,52
10	D	1,47	57,82	55,78	13,60	31,29	28,57
11	I	1,30	56,92	59,23	16,15	30,77	29,23
12	D	1,35	58,52	56,29	14,81	30,37	31,11
13	I	1,43	58,74	48,95	14,68	27,27	30,77
14	D	2,05	57,07	42,93	13,17	48,29	23,90
15	D	1,64	59,16	55,49	11,70	27,32	14,63
16	D	1,55	59,35	55,48	14,84	25,16	28,39
17	D	1,37	59,12	55,47	14,60	32,12	27,00
18	I	1,32	48,48	59,09	7,50	23,48	31,06
19	D	1,67	55,08	58,08	10,77	31,74	24,55

(% apoyo: tiempo apoyo de un pie / tiempo total x 100; % a-p: porcentaje del cambio de dirección de las fuerzas antero – posteriores en cada apoyo)



**Tabla 14****Fuerzas de apoyo paso (N). Pie artrodesado - Pie no artrodesado**

	<b>Artrodesado</b>		<b>No artrodesado</b>	
	X	DE	X	DE
Fx talón (N)	956,66	216,7	952,94	223,54
Fx apoyo monopodal (N)	736,77	165,8	717,88	149,18
Fx impulso (N)	939,72	191,9	939,22	186,9
F anterior (N)	125,5	55,18	116,05	50,85
F posterior (N)	148,94	48,22	147,33	50,95

**Tabla 15****Tiempos de marcha (%). Pie artrodesado - Pie no artrodesado**

	<b>Artrodesado</b>		<b>No artrodesado</b>	
	X	DE	X	DE
% apoyo monopodal	58,46	9,78	56,21	3,38
% cambio A-P	50,37	9,78	41,67	12,37

**Estudio de las presiones plantares**

Estudiamos las presiones, fuerzas, área y tiempo de apoyo del pie derecho y del pie izquierdo, (Tabla 16) (Tabla 17). Analizamos las presiones de apoyo de ambos pies, dividido en 6 regiones. En cada una de estas regiones y en cada uno de los pacientes medimos la presión del pie derecho (Tabla 33) y del izquierdo (Tabla 18). Además, obtuvimos los datos de presión, fuerza y superficie de apoyo en el pie derecho (Tabla

19) y en el pie izquierdo (Tabla 20). Las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Sin embargo, el estudio estadístico lo efectuamos comparando los pies artrodesados con el pie no artrodesado y vimos que el pie operado presentaba una presión total, fuerza, y área de apoyo total menor que el pie no operado. Por el contrario, el tiempo de apoyo fue superior en el pie operado (Tabla 21) (Figura 85) (Figura 86) (Figura 87) (Figura 88).

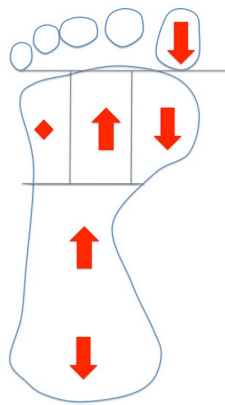


Figura 85. Variación de las presiones en el pie artrodesado con relación al normal. Disminuyen las presiones en el talón, cabeza del primer metatarsiano y primer dedo, Aumentan en las cabezas del segundo y tercer metatarsiano y en el mediopie.

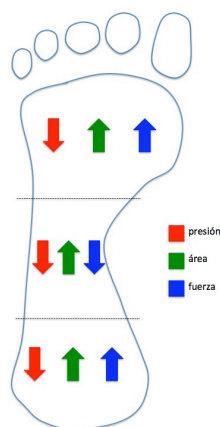


Figura 86. Cambios de fuerza, superficie de apoyo y presión entre el pie artrodesado y el normal; las presiones disminuyen en el talón, mediopie y antepie; las fuerzas aumentan en el talón y en el antepie y disminuyen en el mediopie y las superficies de apoyo aumentan en todas las tres zonas.

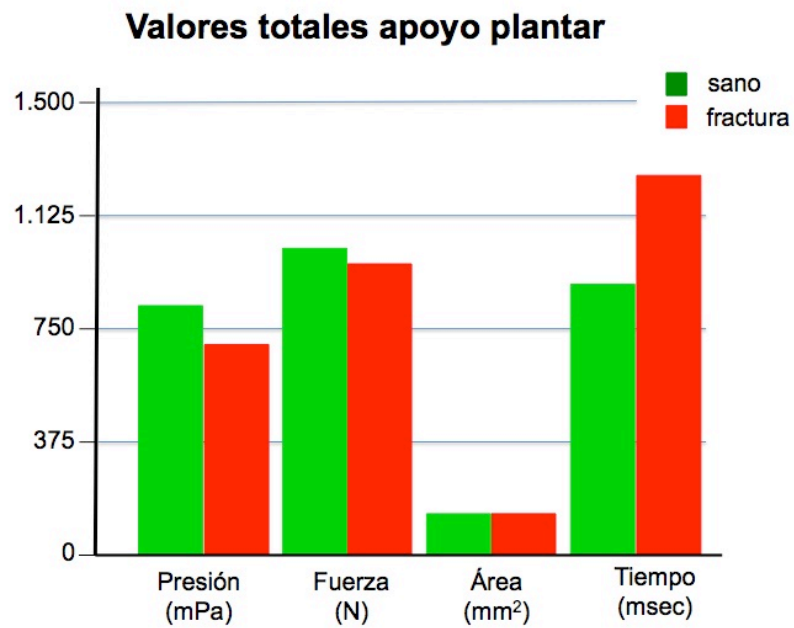


Figura 87

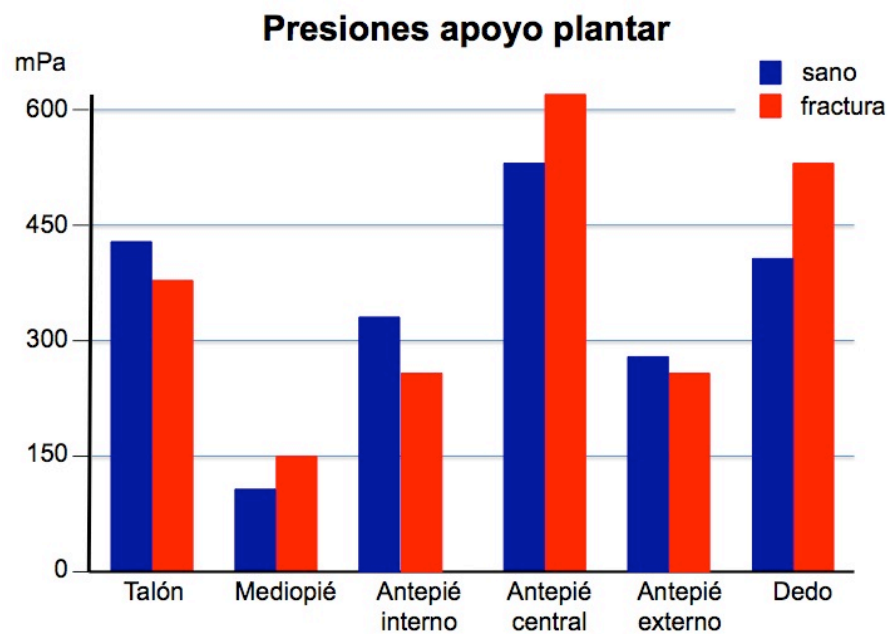


Figura 88

Las presiones en el talón y en el primer dedo fueron menores en el pie artrodesado. Las presiones en el mediopié fueron superiores en el pie artrodesado (Figura 88).

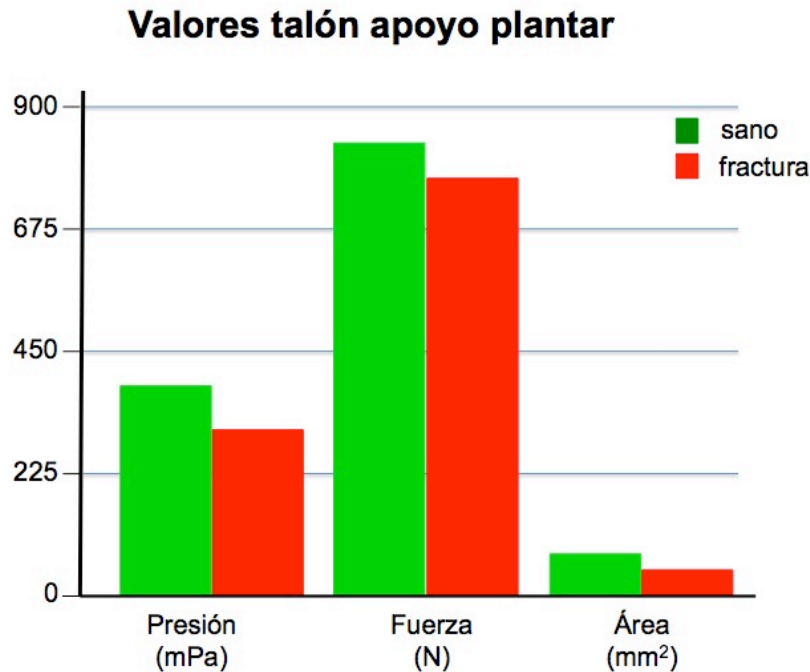


Figura 89.

En el antepié vimos mayores presiones en la parte interna y en la parte central en el pie artrodesado. Por su parte, las presiones externas fueron semejantes (Tabla 22) aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Las presiones en el talón del pie artrodesado fueron menores, ya que las fuerzas de impacto y la superficie de apoyo también fueron menores que en el pie no artrodesado (Tabla 23). Las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Las presiones en el mediopié fueron mayores en el pie artrodesado pues aumentaron las fuerzas de impacto y disminuyó la superficie de apoyo (Tabla 24). Las diferencias no fueron estadísticamente significativas (Figura 89).

### Valores mediopié apoyo plantar

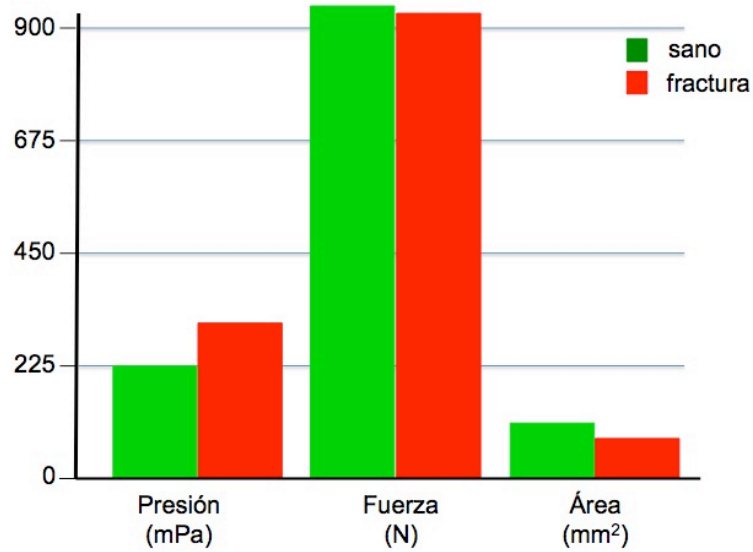


Figura 90

Las presiones en el antepié, en su conjunto, fueron mayores en el pie artrodesado pues disminuyeron las fuerzas de impacto pero también, en mayor medida, la superficie de apoyo (Tabla 25). Las diferencias no fueron estadísticamente significativas (Figura 90).

### Valores antepié y dedos apoyo plantar

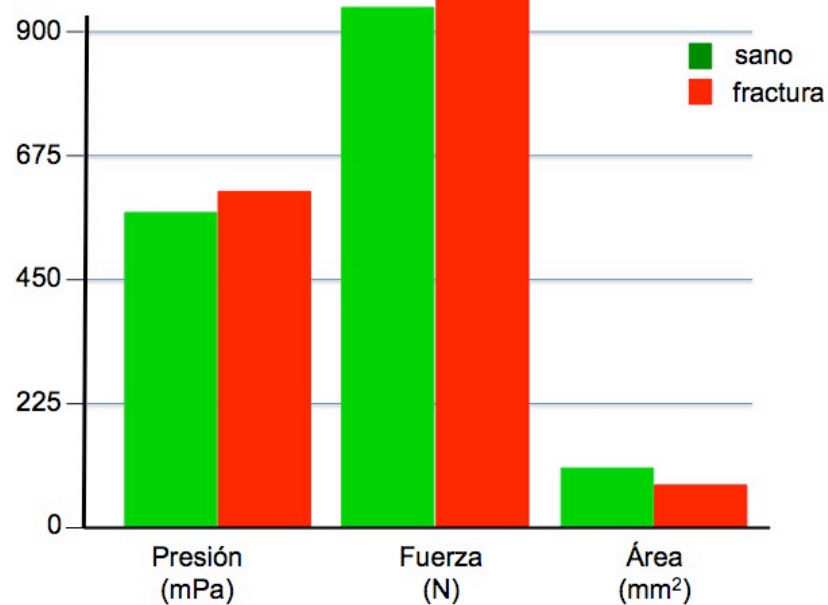


Figura 91

Tabla 16

RESULTADOS TOTALES PIE DERECHO

PACIENTE	LADO AFECTO	Presión (N/mm <sup>2</sup> )	Fuerza (N)	Área mm <sup>2</sup>	TIEMPO msec
1	DCHO	430	941	124	720
2	IZDO	860	639	99	940
3	DCHO	945	1133	155	960
4	DCHO	780	1123	145	830
5	DCHO	870	985	110	860
6	DCHO	495	1088	158	980
7	DCHO	835	1278	146	800
8	DCHO	1045	1202	153	840
9	DCHO	690	1131	150	706
10	DCHO	1155	919	126	980
11	DCHO	510	869	122	840
12	IZDO	990	855	117	1060
13	DCHO	535	1230	127	960
14	IZDO	535	897	121	1060
15	DCHO	475	1320	150	840
16	DCHO	605	846	137	780
17	DCHO	440	870	128	820
18	IZDO	1275	1119	143	760
19	DCHO	540	676	125	920
20	DCHO	450	1084	144	960

**TABLA 17****PRESIÓN, FUERZA, ÁREA y TIEMPO DE APOYO TOTAL PIE  
IZQUIERDO**

<b>PACIENTE</b>	<b>LADO</b>	<b>Presión (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Fuerza (N)</b>	<b>Área mm<sup>2</sup></b>	<b>T total (msec)</b>
1	D	505	982	128	740
2	I	590	607	98	8400
3	D	920	1186	187	986
4	D	1145	1206	135	840
5	D	620	948	107	860
6	D	820	1078	193	960
7	D	890	1200	126	740
8	D	880	1219	145	700
9	D	700	1135	151	780
10	D	875	944	966	200
11	D	455	892	120	920
12	I	1045	777	108	980
13	D	590	1307	154	1000
14	I	700	848	119	1060
15	D	370	1375	138	840
16	D	550	888	146	800
17	D	515	883	123	860
18	I	1080	1130	133	640
19	D	890	765	131	920
20	D	1030	1087	152	960

**TABLA 18**  
**PRESIONES PIE DERECHO (N/mm<sup>2</sup>)**

PACIENTE	LADO AFECTO	Talón	Medio	Antero interno	Antero centro	Antero externo	Dedo	Total
1	DCHO	355	140	220	430	270	340	430
2	IZDO	2325	55	130	445	230	860	860
3	DCHO	325	185	190	890	220	455	945
4	DCHO	395	410	745	515	180	780	780
5	DCHO	345	20	450	870	150	370	870
6	DCHO	355	125	300	495	170	320	495
7	DCHO	260	105	300	700	200	505	835
8	DCHO	455	150	425	715	75	470	1045
9	DCHO	555	95	130	560	565	690	690
10	DCHO	1045	40	195	715	1020	425	1155
11	DCHO	510	45	180	315	300	310	510
12	IZDO	240	90	920	400	130	425	990
13	DCHO	240	240	205	510	405	220	535
14	IZDO	245	115	100	395	225	535	535
15	DCHO	205	190	200	395	300	475	475
16	DCHO	270	55	200	605	150	330	605
17	DCHO	220	55	280	440	174	340	440
18	IZDO	495	260	540	1150	440	750	1275
19	DCHO	390	90	170	430	115	140	540
20	DCHO	220	150	165	445	220	450	450



**TABLA 19**

**PRESIONES PIE IZQUIERDO (N/mm<sup>2</sup>)**

PACIENTE	LADO	Talón	Mediopié	Antero interno	Antero centro	Antero externo	Dedo
1	D	335	100	300	505	200	365
2	I	330	70	185	590	200	400
3	D	210	90	100	740	920	235
4	D	240	105	250	570	285	750
5	D	400	40	570	530	220	120
6	D	235	100	180	250	350	820
7	D	245	330	280	890	230	30
8	D	510	100	300	880	500	480
9	D	340	75	280	530	270	700
10	D	485	70	355	300	200	870
11	D	440	45	305	410	230	370
12	I	235	255	200	890	260	100
13	D	275	150	280	310	260	590
14	I	385	70	290	540	245	700
15	D	350	100	340	345	295	200
16	D	360	60	550	370	150	470
17	D	235	200	515	400	300	310
18	I	805	160	565	1065	490	1080
19	D	335	120	150	890	180	110
20	D	305	100	155	325	230	1030

**TABLA 20**

**PRESIONES, FUERZA Y ÁREA PIE DERECHO POR PARTES**

PACIENTE	LADO	TALÓN				MEDIOPIÉ				ANTEPIÉ Y DEDOS			
		Presión (N/mm <sup>2</sup> )	Fuerza (N)	Área mm <sup>2</sup>	Presión (N/mm <sup>2</sup> )	Fuerza (N)	Área mm <sup>2</sup>	Presión (N/mm <sup>2</sup> )	Fuerza (N)	Área mm <sup>2</sup>	Presión (N/mm <sup>2</sup> )	Fuerza (N)	Área mm <sup>2</sup>
1	D	265	941	94	315	807	57	425	833	51			
2	I	235	560	66	360	503	55	835	636	37			
3	D	325	1022	70	185	1051	110	905	980	57			
4	D	385	639	30	645	1124	95	605	1094	52			
5	D	345	866	73	205	822	86	870	942	53			
6	D	350	891	66	200	1021	115	490	1051	68			
7	D	260	1038	103	270	1278	116	700	1227	54			
8	D	460	928	43	200	1185	119	1040	1133	53			
9	D	540	1070	95	215	866	107	585	1064	64			
10	D	1095	793	57	510	854	100	920	868	54			
11	D	510	730	56	295	807	89	56	832	435			
12	I	210	323	38	145	789	97	915	834	52			
13	D	250	1230	84	270	1157	88	525	1119	54			
14	I	245	897	94	200	790	98	430	873	58			
15	D	200	885	91	190	1292	116	400	1318	74			
16	D	275	502	32	160	808	99	590	846	49			
17	D	220	454	38	230	798	105	420	789	50			
18	I	470	674	29	460	850	85	970	1036	50			
19	D	390	591	55	385	590	90	365	662	52			
20	D	220	940	104	300	986	110	435	1016	66			

**TABLA 21**

**PRESIÓN, FUERZA Y ÁREA PIE IZQUIERDO POR PARTES**

PACIENTE	LADO	TALÓN			MEDIOPIÉ			ANTEPIÉ Y DEDOS		
		Presión (N/mm <sup>2</sup> )	Fuerza (N)	Área mm <sup>2</sup>	Presión N/mm <sup>2</sup>	Fuerza N	Área mm <sup>2</sup>	Presión N/mm <sup>2</sup>	Fuerza N	Área mm <sup>2</sup>
1	D	295	982	96	250	766	68	460	935	55
2	I	245	607	75	410	570	50	590	527	31
3	D	185	1107	143	320	980	148	775	1167	86
4	D	245	1050	101	225	1207	110	880	1017	46
5	D	405	776	53	385	889	68	620	948	51
6	D	235	843	80	190	1030	143	400	1078	75
7	D	250	736	62	305	1150	99	870	1076	42
8	D	470	1098	68	170	1019	106	655	1220	62
9	D	355	870	72	160	913	113	500	1130	60
10	D	460	831	80	380	898	158	590	934	117
11	D	445	862	66	87	787	87	395	879	59
12	I	240	294	27	210	766	78	1045	696	35
13	D	280	630	47	170	1198	122	540	1119	71
14	I	375	837	79	180	826	93	500	842	51
15	D	350	1374	109	164	1161	113	370	1211	70
16	D	370	613	29	210	760	113	535	888	53
17	D	235	634	65	155	787	89	470	883	49
18	I	805	613	30	300	1064	102	970	1127	50
19	D	325	615	63	180	602	80	645	765	57
20	D	305	1049	76	185	1024	116	1005	988	64

**TABLA 22**

**PRESIONES ARTRODESIS**

Grupo	Presión total		Fuerza total		Área total		Tiempo total	
	X	DE	X	DE	X	DE	X	DE
Operado	713,50	243,12	998,95	194,40	131,90	16,77	1240,80	1688,73
No operado	768,00	245,41	1034,15	194,81	141,80	26,87	887,60	105,00

**TABLA 23**

**PRESIONES ZONAS PIE**

Grupo	Talón	Mediopie		Antepie int		Antepie centro		Antepie ext		Dedos	
		X	DE	X	DE	X	DE	X	DE	X	DE
Operado	394,25	209,39	143,75	102,47	278,75	155,33	615,25	208,44	286,95	210,58	245,26
No operado	431,00	455,52	104,00	51,51	331,00	202,50	522,25	236,83	290,75	173,21	266,24

Tabla 24

**Presiones, fuerzas y áreas de apoyo plantares en el talón  
pie artrodesado - pie no artrodesado**

Grupo	Presión		Fuerza Área			
	X	DE	X	DE	X	DE
artrodesado	319	92,16	778,45	228,3	63,1	24,12
no artrodesado	387,25	220,6	841,3	245,04	73,9	28,47

Tabla 25

**Presiones, fuerzas y áreas de apoyo plantares en el medio pie  
pie artrodesado - pie no artrodesado**

Grupo	Presión		Fuerza Área			
	X	DE	X	DE	X	DE
artrodesado	285,5	123,1	927,2	198	95,4	18,01
no artrodesado	233,3	98,25	911,6	202,7	104,3	26,95

Tabla 26

**Presiones, fuerzas y áreas de apoyo plantares en el antepié  
pie artrodesado - pie no artrodesado**

Grupo	Presión		Fuerza Área			
	X	DE	X	DE	X	DE
artrodesado	630,3	267,6	940,75	192,1	72,1	86,03
no artrodesado	610,85	232	988,4	160,9	85	119,4



## **PRESENTACIÓN DE LOS 20 CASOS CLÍNICOS INCLUIDOS EN EL ESTUDIO**





## Caso 1: AM<sup>a</sup>MB

### Tabla 27 VALORACIÓN CLÍNICA

	<b>tobillo artrodesado</b>
Edad	46 años
Peso	68 kg
Lado	izquierdo
mecanismo	caída escaleras. Fractura - luxación tobillo
Fecha cirugía	05/02/2001
Técnica quirúrgica	reducción abierta y fijación interna
fecha cirugía artrodesis	17/01/2002
técnica artrodesis	Abierta, tres tornillos canulados injerto cresta
complicaciones	NO
Escala Mazur	65
estabilidad varo-valgo	Estable
Movilidad art subastragalina	0° inversión / 0° eversión
rotación del pie	5° externa
Movilidad art Chopart	FP 0° / FD 0°
Atrofia de gemelos	3,5 cm
Acortamiento	NO
Inestabilidad rodilla	NO
Dolor	NO
Muletas	NO
Modificación calzado	Plantilla
Inflamación	insuficiencia venosa
SF-36	56,43
Fumador	SI
EVA	4
callosidades	cabeza 1er MTT
Alteración cicatriz	NO
AOFAS	61

Tabla 28

**VALORACIÓN RADIOGRÁFICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
Ángulo artrodesis sagital	140°	120°
Posición artrodesis	equino 20°	
Traslación A-P astrágalo	NO	
Angulo varo - valgo	10° valgo	0°
Signos artrosis Chopart	SI	NO
Signos artrosis subastragalina	SI	NO

Tabla 29

**Resultados estudios cinemática**

	<b>no artrodesado</b>	<b>artrodesado</b>
% doble apoyo	18,09	
cadencia (paso/min)	94,49	
velocidad (m/s)	1,12	
longitud paso (mm)	748,12	
longitud zancada (mm)	1477,54	
tiempo apoyo (s)	0,7	0,7
ROM cadera (°)	63,7	67,4
ROM rodilla (°)	63	75,1
ROM tobillo (°)	30,9 (17,9 - -13)	15,3 (10,5 - -4,8)
inclinación pelvis (°)	6,5	6,9
abducción cadera (°)	17,7	13,6
oblicuidad pelvis (°)	12,1	12,6

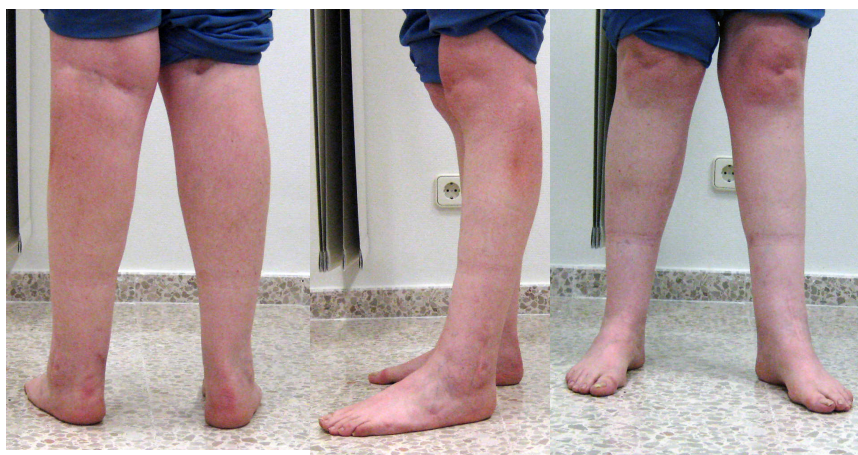


Figura 92: Tobillo artrodesado y sano en bipedestación y descalzos



Figura 93: Radiografía ántero-posterior y lateral en carga del tobillo sano y artrodesado.

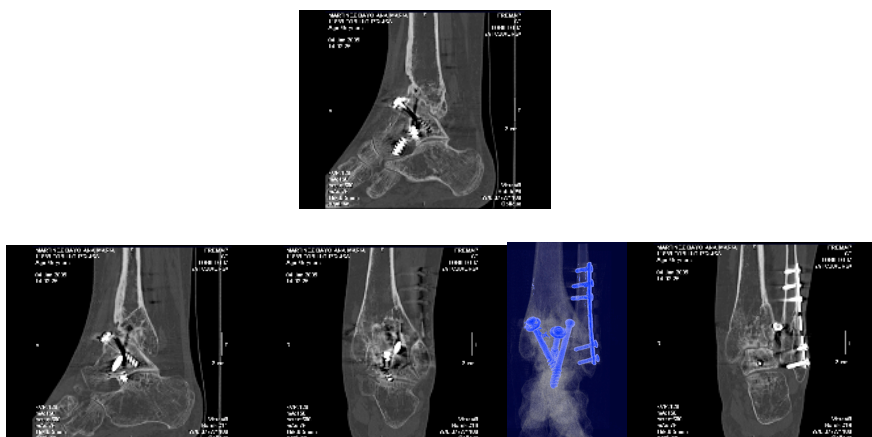


Figura 94: TAC. Artrodesis tibio-talo-calcánea completa sin focos de osteolisis en los tornillos. fractura consolidada de maleolo peroneal. Pinzamiento articulación subastragalina posterior.

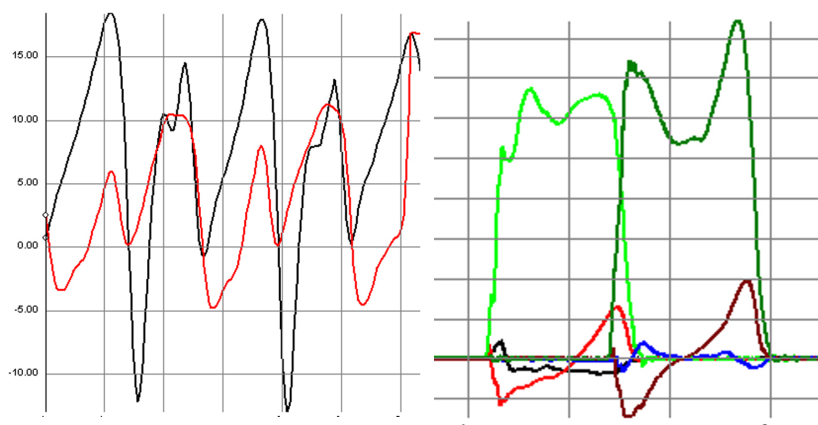


Figura 95 a) Movimiento de flexo-extensión del tobillo sano (línea negra) mostrando diferencias con el tobillo artrodesado (línea roja). b) Gráfica de la cinética de la marcha con fuerzas axiales del lado artrodesado (verde oscuro) marcando un apoyo de talón y un despegue del antepié pronunciados.

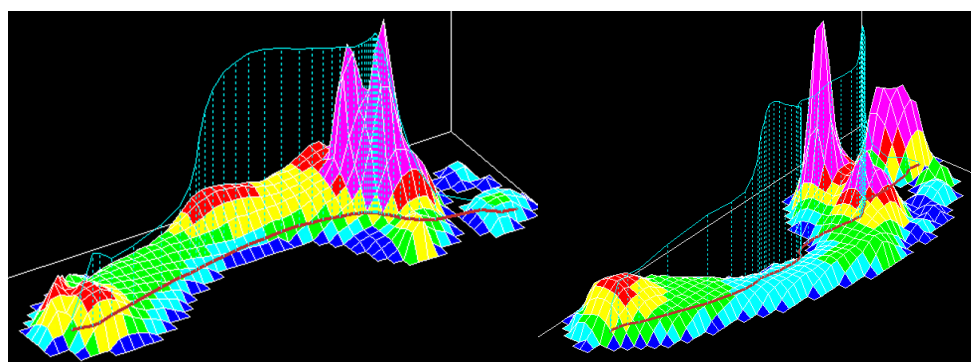


Figura 96: Lado artrodesado con hiperpresiones en las cabezas de los metatarsianos centrales, sin apoyo del primer dedo durante el despegue del pie. Lado derecho con hiperpresiones en el primer metatarsiano y en el primer dedo.

## Caso 2 ARA

**Tabla 30 VALORACIÓN CLÍNICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>
Edad	38 años
Peso	97 kg
Lado artrodesis	derecho
mecanismo	aplastamiento tobillo. Fractura pilón tibial
fecha cirugía	04/10/2000
tipo cirugía	reducción abierta y fijación interna
fecha artrodesis	11/10/2004
fijación artrodesis	cirugía abierta, dos tornillos canulados e injerto
complicaciones	NO
Escala Mazur	71
estabilidad varo-valgo	estable
Movilidad art subastragalina	10° inversión / 5° eversión
rotación del pie	similar contralateral
Movilidad art Chopart	FP 5° / FD 5°
Atrofia de gemelos	2 cm
Acortamiento	NO
Inestabilidad rodilla	NO
Dolor	pie contralateral, maleolo externo
Muletas	NO
Modificación calzado	plantilla rígida
Inflamación	insuficiencia venosa
SF-36	36,37
Fumador	SI
EVA	4
callosidades	NO
Alteración cicatriz	NO
AOFAS	64

Tabla 31

**VALORACIÓN RADIOGRÁFICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
Ángulo artrodesis sagital	100°	100°
Posición artrodesis	Neutro	
Traslación A-P astrágalo	NO	NO
Angulo varo - valgo	12° valgo	10° valgo
Signos artrosis Chopart	NO	NO
Signos artrosis subastragalina	SI	NO

Tabla 32

**Resultados estudios cinemática**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo no artrodesado</b>
% doble apoyo	19,05	
cadencia (paso/min)	95,24	
velocidad (m/s)	1,03	
longitud paso (mm)	648,8	
longitud zancada (mm)	1315,31	
tiempo apoyo (s)	0,82	0,78
ROM cadera (°)	43,4	51
ROM rodilla (°)	55,2	60,5
ROM tobillo (°)	14,6 (20,9 - 6,3)	17,35 (21,2 - 3,9)
inclinación pelvis (°)	2,8	3,2
abducción cadera (°)	13,4	10,6
oblicuidad pelvis (°)	9,9	9,8



Figura 97: Tobillo sano y artrodesado en bipedestación y descalzo



Figura 98. Radiografía ántero-posterior y lateral en carga del tobillo sano y artrodesado



Figura 99. Artrodesis tibio-talo-peronea completa sin focos de osteolisis en los tornillos. Osteotomía en el tercio distal del peroné con fusión del maleolo peroneal a estructuras óseas del retropié.



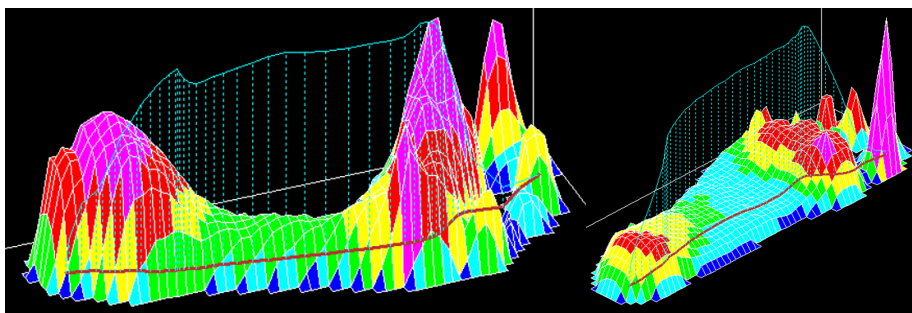


Figura 100. Pedobarografía del pie derecho con hiperpresiones al apoyo durante la marcha en talón, cabeza de 5º y primer metatarsianos. Pie izquierdo sano normal

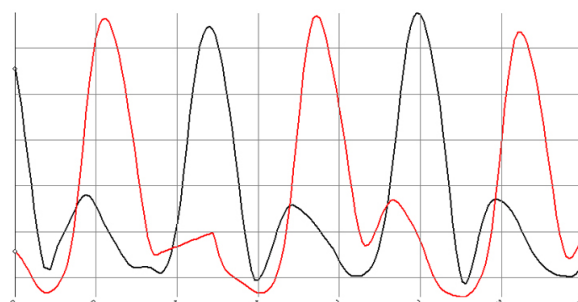


Figura 101. Cinemática de la flexo-extensión del tobillo durante la marcha sin mostrar alteraciones en el lado artrodesado.

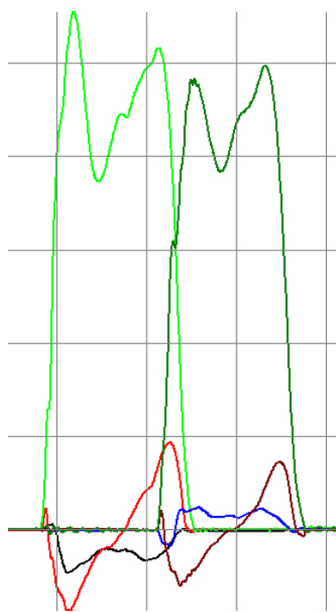


Figura 102. Cinética de la marcha con fuerzas verticales (verde claro) y ántero-posteriores (rojo) aumentadas con relación al lado sano.



### Caso 3 FPV

**Tabla 33 VALORACIÓN CLÍNICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>
Edad	39 años
Peso	63 kg
lado	derecho
mecanismo	atropello. Fractura - luxación tobillo bimalleolar cerrada
Fecha cirugía	2/04/2004
Técnica quirúrgica	reducción abierta y fijación interna
Fecha artrodesis	02/11/2004
fijación artrodesis	cirugía abierta: tornillos canulados
complicaciones	NO
Escala Mazur	41
estabilidad varo-valgo	INESTABLE
Movilidad art subastragalina	10° inversión / 5° eversión
rotación del pie	3° interno
Movilidad art Chopart	FP: 5° / FD: 5°
Atrofia de gemelos	1,5 cm
Acortamiento	NO
Inestabilidad rodilla	NO
Dolor	NO
Muletas	BASTÓN
Modificación calzado	NO
Inflamación	NO
SF-36	30,62
Fumador	SI
EVA	4,5
AOFAS	52
Callosidades	NO
Alteración cicatriz	NO

Tabla 34

**VALORACIÓN RADIOGRÁFICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
Ángulo artrodesis sagital	105°	110°
Posición artrodesis	neutro	
Traslación A-P astrágalo	NO	
Angulo varo - valgo	10° varo	0°
Signos artrosis Chopart	SI	NO
Signos artrosis subastragalina	SI	NO

Tabla 35

**Resultados estudios cinemática**

	<b>Derecho</b>	<b>Izquierdo</b>
% doble apoyo	21,38	
cadencia (paso/min)	83,05	
velocidad (m/s)	0,64	
longitud paso (mm)	628,74	
longitud zancada (mm)	1266,33	
tiempo apoyo (s)	0,88	0,9
ROM cadera (°)	29,93	29,18
ROM rodilla (°)	59,58	62,05
ROM tobillo (°)	15,78 (3,34 - 12,44)	14,49 (-6,03 - 20,52)
inclinación pelvis (°)	7,27	5,89
abducción cadera (°)	7,55	13,5
oblicuidad pelvis	2,13	4,37



Figura 103. Tobillo sano y artrodesado en bipedestación y descalzo.



Figura 104. Radiografía ántero-posterior y lateral en carga del tobillo sano y artrodesado.

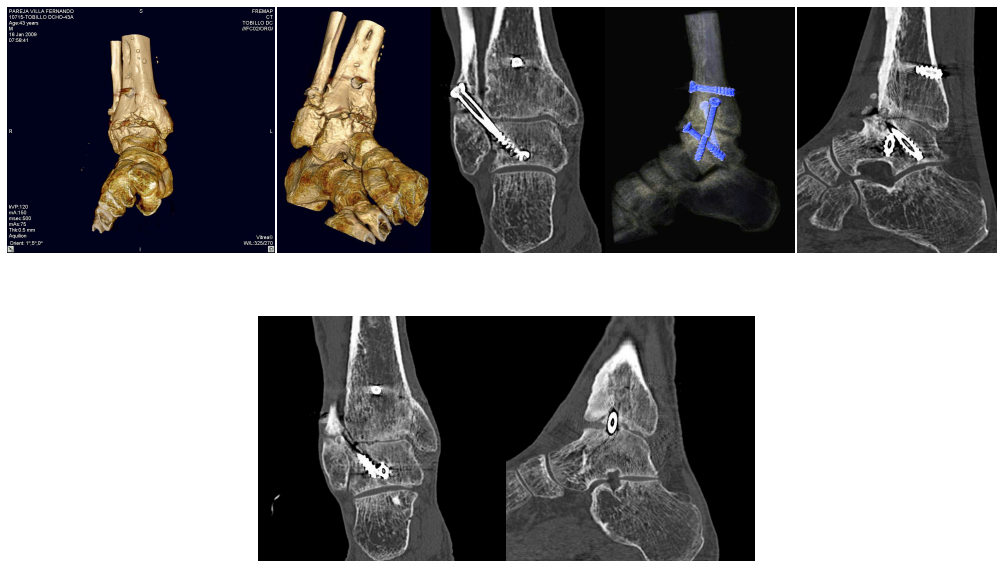


Figura 105. TAC tobillo derecho artrodesado, con buena formación de puente óseo y remodelación ósea en epifisis tibial distal. Articulación subastragalina con puente óseo completo posterior. La punta del tornillo en calcáneo, donde se observa pequeña esquirla. Artrosis tibioperoneal.

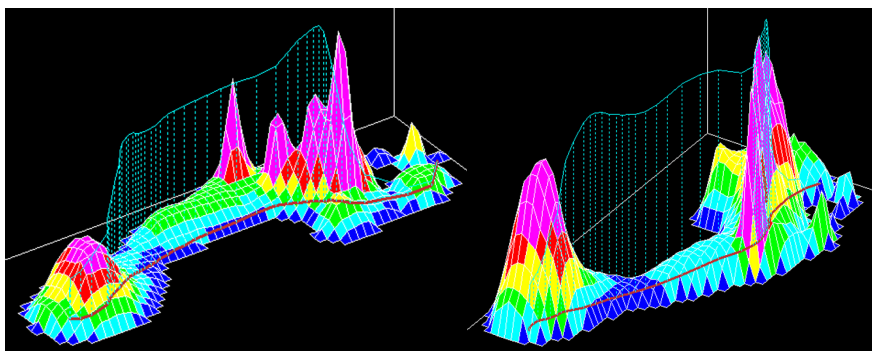


Figura 106. Presiones pie izquierdo en talón y cabezas metatarsianos más laterales. El pie derecho con hiperpresión talón y sobre cabezas del tercer y cuarto metatarsiano.

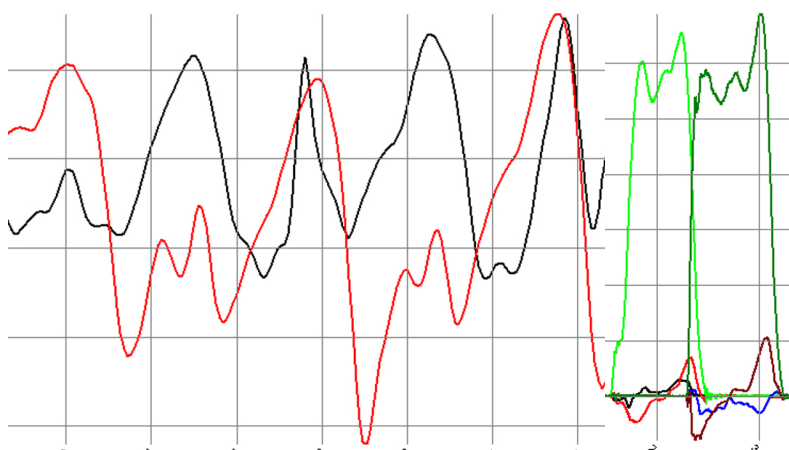


Figura 107. Movimiento de flexo-extensión del tobillo derecho artrodesado (rojo) con movilidad amplia pero con resalte que demuestra esfuerzo necesario comparado con el tobillo sano (línea negra). Gráficas de la cinética de la marcha muy parecida en pie sano y artrodesado (verde claro). Las fuerzas axiales muestran con un apoyo de talón suave, desaparece el apoyo monopodal y aparecen las fuerzas de despegue del pie en el pie artrodesado (verde claro) y en el sano (verde oscuro). Las fuerzas ántero-posteriores son mayores en el pie sano (línea marrón) que en el artrodesado (línea roja). Es el único caso donde hemos encontrado mayor movilidad en el tobillo artrodesado.

## CASO 4 HMNG

**Tabla 36 VALORACIÓN CLÍNICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>
Edad	28 años
Peso	98 kg
lado artrodesado	izquierdo
Mecanismo	Accidente de tráfico: Fractura bimalleolar abierta
Fecha cirugía	28/12/2001
Técnica quirúrgica	Fijador externo
Fecha artrodesis	01/04/2004
Fijación artrodesis	Cirugía abierta y dos tornillos canulados
Complicaciones	rotura tornillos 04/05/2006
Escala Mazur	57
estabilidad varo-valgo	NO
Movilidad art subastragalina	inversión 5° / eversión 10°
rotación del pie	NO
Movilidad art Chopart	FD 5° / FP 10°
Atrofia de gemelos	3 cm
Acortamiento	NO
Inestabilidad rodilla	Dolor LLI
Dolor	peroneos, art subastragalina, Aquiles
Muletas	NO
Modificación calzado	NO
Inflamación	edema vespertino
SF-36	49,85
Fumador	SI
EVA	3,5
AOFAS	65
Callosidades	NO
Alteración cicatriz	NO

Tabla 37

**VALORACIÓN RADIOGRÁFICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
Ángulo artrodesis sagital	110°	110°
Posición artrodesis	neutro	
Traslación A-P astrágalo	NO	
Angulo varo - valgo	0°	0°
Signos artrosis Chopart	SI	NO
Signos artrosis subastragalina	SI	NO

Tabla 38

**Resultados estudios cinemática**

	<b>tobillo no artrodesado</b>	<b>tobillo artrodesado</b>
% doble apoyo	24,39	
cadencia (paso/min)	115,43	
velocidad (m/s)	1,47	
longitud paso (mm)	751,7	
longitud zancada (mm)	1544,85	
tiempo apoyo (s)	0,68	0,78
ROM cadera (°)	50,67	49,35
ROM rodilla (°)	41,35	57,83
ROM tobillo (°)	11,91	16,24
inclinación pelvis (°)	16,62	4,48
abducción cadera (°)	21,14	15,21
oblicuidad pelvis (°)	18,1	12,71



Figura 108. Tobillo artrodesado y sano, en bipedestación y descalzo

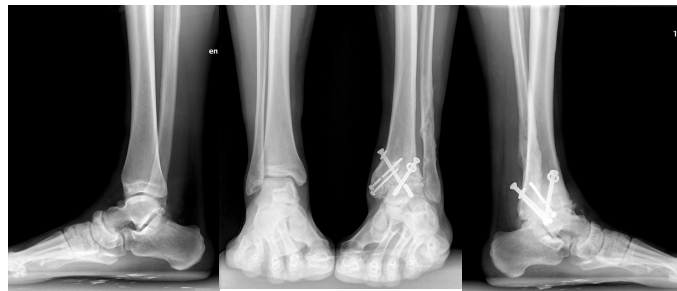


Figura 109. Radiografía ántero-posterior y lateral encarga del tobillo sano y artrodesado.



Figura 11. TAC tobillo izquierdo, artrodesis tibiotalar con puente óseo de que ocupa 1/4 de la articulación con remodelación ósea de maleolo interno y de polea talar. Fractura consolidada de maleolo peroneal. Articulación subastragalina con pinzamiento de la subastragalina posterior. Esquirla ósea talar superior y anterior y remodelación ósea de cúpula. Calcificaciones periarticulares posteriores.

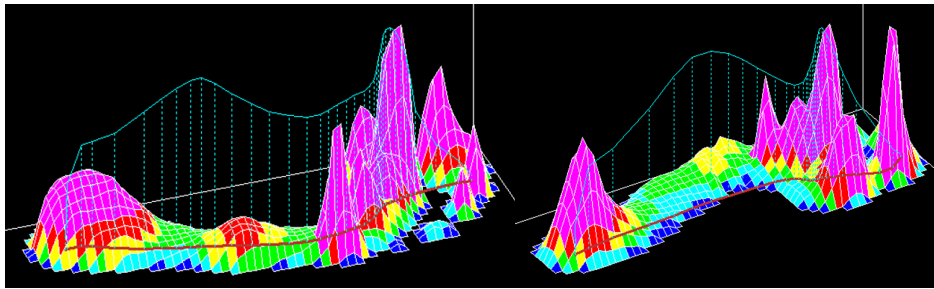


Figura 111. Pie sano derecho, con hiperpresión en el mediopié e hiperpresiones en el despegue en todas las cabezas de los metatarsianos y en el primer dedo. Hiperpresión en el pie izquierdo artrodesado en talón, cabeza de los cinco metatarsianos y primer dedo.



Figura 112. Gráfica de la cinética del apoyo del pie izquierdo artrodesado que muestra, en las fuerzas verticales, un apoyo de talón y despegue del antepié con una fase de apoyo monopodal muy corta.

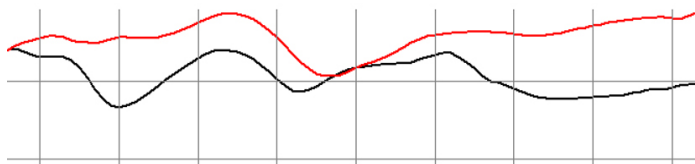


Figura 113. Alteración en la flexo-extensión de ambos tobillos.



**Caso 5: JAN**

Tabla 39

**VALORACIÓN CLÍNICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>
Edad	39 años
Peso	73 kg
Lado artrodesado	derecho
Mecanismo	trauma sobre artrodesis de 12 años de evolución
Fecha artrodesis (reartrodesis)	11/11/2005
Fijación artrodesis	Cirugía abierta 2 tornillos canulados e injerto
Complicaciones	osteoporosis
Escala Mazur	31
estabilidad varo-valgo	NO
Movilidad art subastragalina	inversión 18° / eversión 20°
rotación del pie	5° rotación interna
Movilidad art Chopart	FP 20° / FD 5°
Atrofia de gemelos	NO
Acortamiento	1 cm
Inestabilidad rodilla	dolor ligamento lateral interno homolateral
Dolor	cara anterior tobillo
Muletas	NO
Modificación calzado	NO
Inflamación	SI
SF-36	68,43
Fumador	SI
EVA	4,5
AOFAS	40
Callosidades	NO
Alteración cicatriz	picor

Tabla 40  
**VALORACIÓN RADIOGRÁFICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
Ángulo artrodesis sagital	120°	111°
Posición artrodesis	equino 9°	
Traslación A-P astrágalo	NO	
Angulo varo - valgo	0°	0°
Signos artrosis Chopart	SI	NO
Signos artrosis subastragalina	SI	NO

Tabla 41  
**Resultados estudios cinemática**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo no artrodesado</b>
% doble apoyo	33,33	
cadencia (paso/min)	102,57	
velocidad (m/s)	0,67	
longitud paso (mm)	603,15	
longitud zancada (mm)	1265	
tiempo apoyo (s)	0,62	0,78
ROM cadera (°)	50,72	49,24
ROM rodilla (°)	67,36	66,36
ROM tobillo (°)	17,87	27,48
inclinación pelvis (°)	4,25	4,06
abducción cadera (°)	8,24	12,31
oblicuidad pelvis (°)	6,1	6,64



Figura 114. Tobillo sano y artrodesado en bipedestación y descalzo.



Figura 115. Radiografía antero-posterior y lateral de ambos tobillos.



Figura 116. TAC tobillo derecho artrodesado con remodelación ósea en las estructuras del retropié, con osteosíntesis transversal tibial y osteosíntesis transversal talar y escaso puente óseo en la artrodesis tibiotalar y aplanamiento de la polea astragalina y osteofitos anteriores y posteriores. Pinzamiento artrósico de articulación subastragalina, posterior y anteromedial. Exéresis de maleolo peroneal.

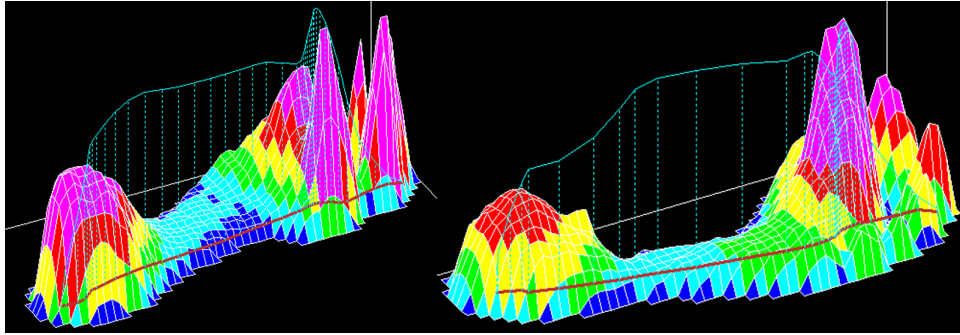


Figura 117. Huella plantar izquierda, pie sano, con hiperpresiones en talón, cabeza primer metatarsiano y primer dedo. Huella plantar derecha, pie artrodesado, con hiperpresión sobre la cabeza de los metatarsianos más laterales.

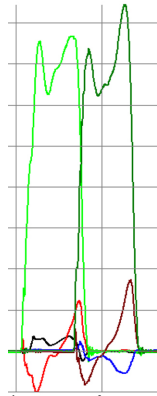


Figura 118. Gráfica de la cinética de la marcha con unas fuerzas verticales en el pie artrodesado (verde claro) con poca diferencia entre los picos de apoyo de talón y despegue del pie. Las fuerzas posteriores del pie artrodesado son menores que en el pie sano. Se observa (línea roja) en el cambio de dirección de las fuerzas ántero-posteriores un instante de fuerzas neutras.

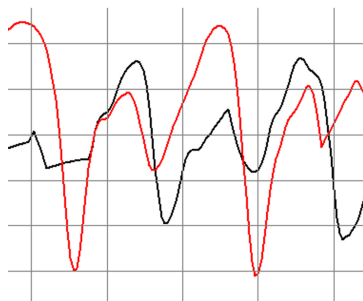


Figura 119. Movimiento flexo-extensión de los tobillos, sano (línea roja) y artrodesado (línea negra) con menor rango y alteraciones en su realización.

## Caso 6: JAPR

Tabla 42

### VALORACIÓN CLÍNICA

	tobillo artrodesado
Edad	56 años
Peso	105 kg
Lado artrodesado	derecho
Mecanismo	esguince - artrosis
Fecha artrodesis	14/06/2002
Fijación artrodesis	cirugía abierta 2 tornillos canulados
Complicaciones	NO
Escala Mazur	14
estabilidad varo-valgo	NO
Movilidad art subastragalina	inversión 5° / eversión 0°
rotación del pie	5° interna
Movilidad art Chopart	FP 0° / FD 0°
Atrofia de gemelos	2 cm
Acortamiento	NO
Inestabilidad rodilla	NO
Dolor	peroneos, talón, perimaleolar
Muletas	NO
Modificación calzado	NO
Inflamación	insuficiencia venosa
SF-36	34,37
Fumador	NO
EVA	8,5
AOFAS	28
Callosidades	NO
Alteración cicatriz	NO

Tabla 43  
**VALORACIÓN RADIOGRÁFICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
Ángulo artrodesis sagital	102°	98°
Posición artrodesis	neutro	
Traslación A-P astrágalo	1 cm	
Angulo varo - valgo	0°	0°
Signos artrosis Chopart	NO	NO
Signos artrosis subastragalina	NO	NO

Tabla 44  
**Resultados estudios cinemática**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
% doble apoyo	22,48	
cadencia (paso/min)	92,31	
velocidad (m/s)	0,71	
longitud paso (mm)	596,39	
longitud zancada (mm)	1200	
tiempo apoyo (s)	0,76	0,92
ROM cadera (°)	52,35	61,45
ROM rodilla (°)	62,44	69,39
ROM tobillo (°)	10,94	17,08
inclinación pelvis (°)	3,98	4,48
abducción cadera (°)	8,69	11,27
oblicuidad pelvis (°)	2,56	3,55



Figura 120. Tobillo sano y artrodesado en bipedestación y descalzos



Figura 121. Radiografía ántero-posterior y lateral en carga del tobillo sano y artrodesado



Figura 122. TAC tobillo derecho. artrodesis tibio taloperoneal con puente óseo en toda la articulación y elementos de osteosíntesis que no muestran alteraciones alrededor de los tornillos. Articulación subastragalina conservada.

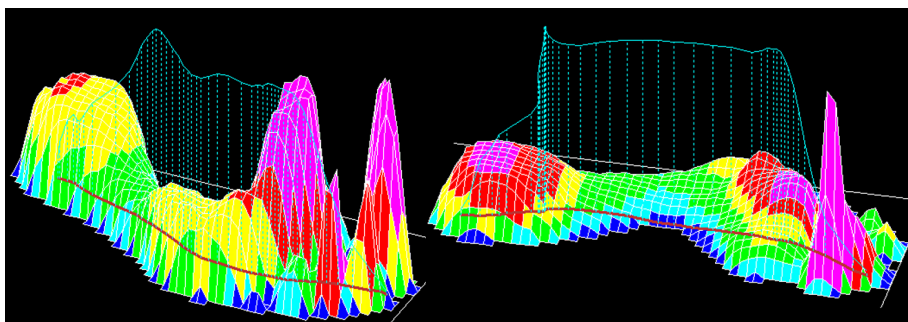


Figura 123. Pie derecho artrodesado con hiperpresión en cabeza primer metatarsiano y primer dedo. Pie izquierdo sano con hiperpresión en el primer dedo y en la cabeza del segundo metatarsiano

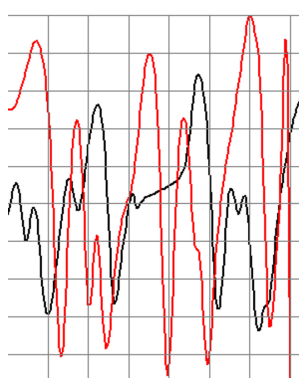


Figura 124. Movimientos de flexo - extensión alterados en ambos tobillos durante la marcha

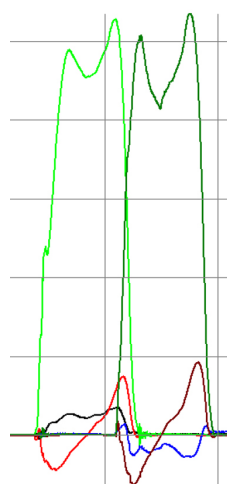


Figura 125. Cinética de la marcha. Fuerzas axiales del pie artrodesado (verde claro) sin pico de apoyo de talón.



Caso 7: JCZ

Tabla 45

**VALORACIÓN CLÍNICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>
Edad	23 años
Peso	84 kg
Lado artrodesado	derecho
Mecanismo	precipitación. Fractura pilón tibial C3
Fecha cirugía	17/05/2002
Técnica quirúrgica	Fijador externo
Fecha artrodesis	23/03/2003
Fijación artrodesis	Cirugía abierta 2 tornillos canulados
Complicaciones	NO
Escala Mazur	65
estabilidad varo-valgo	Estable
Movilidad art subastragalina	5° inversión / 5° eversión
rotación del pie	15° interna
Movilidad art Chopart	FP 5° / FD 5°
Atrofia de gemelos	4 cm
Acortamiento	NO
Inestabilidad rodilla	NO
Dolor	subastragalina, peroneos
Muletas	NO
Modificación calzado	NO
Inflamación	NO
SF-36	53,25
Fumador	SI
EVA	3,5
callosidades	IFP 4° dedo
Alteración cicatriz	NO
AOFAS	64

Tabla 46  
**VALORACIÓN RADIOGRÁFICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
Ángulo artrodesis sagital	110°	100°
Posición artrodesis	equino 10°	
Traslación A-P astrágalo	NO	NO
Angulo varo - valgo	10° valgo	0°
Signos artrosis Chopart	SI	NO
Signos artrosis subastragalina	SI	NO

Tabla 47  
**Resultados estudios cinemática**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
% doble apoyo	15,97	
cadencia (p)	101,27	
velocidad (m/s)	1,35	
longitud paso (mm)	777,54	
longitud zancada (mm)	1525,06	
tiempo apoyo (s)	0,7	0,7
ROM cadera (°)	57,4	55,4
ROM rodilla (°)	67	66,6
ROM tobillo (°)	22,7 (23,3 - 0,6)	23,6 (20,6 - -3)
inclinación pelvis (°)	4,3	4
abducción cadera (°)	10,2	8,7
oblicuidad pelvis (°)	4,7	4,3



Figura 126: Tobillo sano y artrodesado en bipedestación y descalzo.



Figura 127. Radiografía ántero-posterior y lateral en carga del tobillo sano y artrodesado

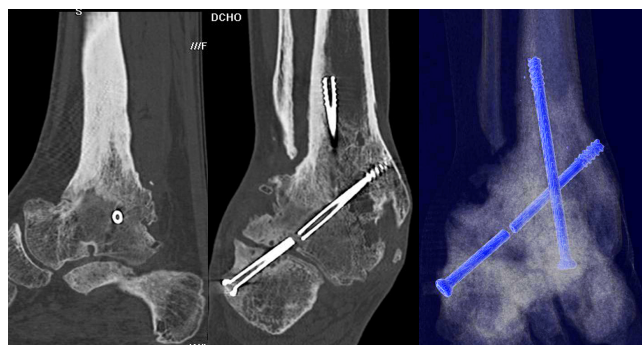


Figura 128. tobillo derecho con artrodesis tibio-talo-peroneal con buena formación de puente óseo y tornillos sin focos de osteolisis. Osteotomía en el tercio distal del peroné.

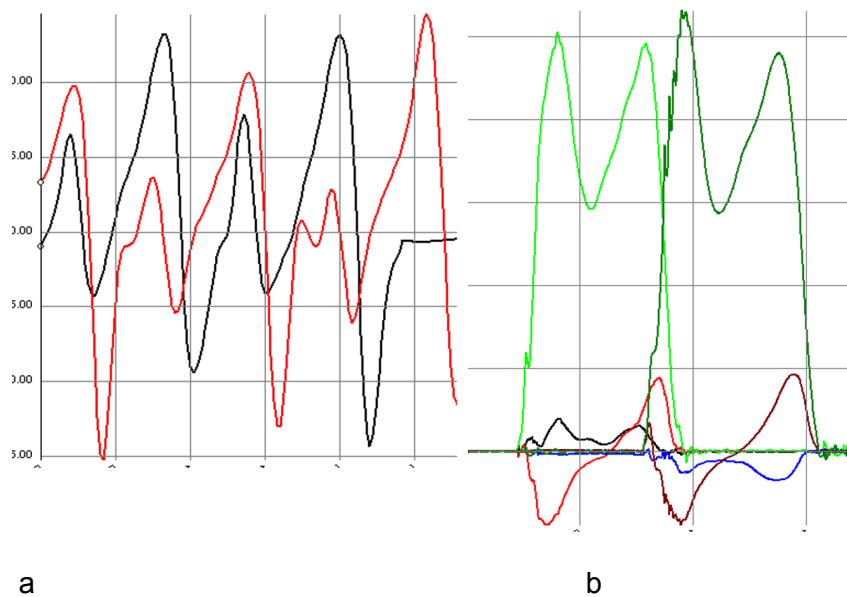


Figura 129. a) ROM de las articulaciones del tobillo durante la marcha, del tobillo sano (línea negra) y del artrodesado con movilidad similar y bien coordinada (línea roja). b) cinética de la marcha mostrando en ambos pies artrodesado (derecho) (línea verde clara) y sano fuerzas axiales de apoyo de talón y despegue de los dedos pronunciados con un apoyo monopodal corto y muy marcado.

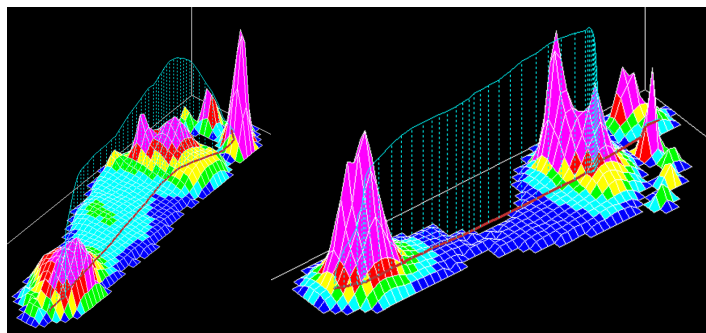


Figura 130. Pie izquierdo sano con hiperpresiones en talón, 4º y 5º metatarsianos y primer dedo. En el pie derecho artrodesado se observa una elevada presión en el talón y en los metatarsianos 1º y 2º y en el primer dedo. Con un ligero apoyo en el mediopié.

**Caso 8: JGM**

Tabla 48

**VALORACIÓN CLÍNICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>
Edad	39 años
Peso	100 kg
Lado	derecho
Mecanismo	Precipitación 4 m, fractura pilón tibial (B3)
Fecha	24/03/2003
Técnica	reducción abierta y fijación interna
Fecha artrodesis	25/03/2004
Fijación artrodesis	Cirugía abierta, 2 tornillos canulados e injerto
Complicaciones	pseudoartrosis (dos reintervenciones)
Escala Mazur	70
estabilidad varo-valgo	Estable
Movilidad art subastragalina	inversión 5° / eversión 0°
rotación del pie	interna 10°
Movilidad art Chopart	FP 5° / FD 0°
Atrofia de gemelos	2 cm
Acortamiento	NO
Inestabilidad rodilla	NO
Dolor	Cadera contralateral, Aquiles, peroneos
Muletas	NO
Modificación calzado	NO
Inflamación	insuficiencia venosa
SF-36	39,68
Fumador	SI
EVA	4,5
AOFAS	61
Callosidades	NO
Alteración cicatriz	NO

Tabla 49  
**VALORACIÓN RADIOGRÁFICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
Ángulo artrodesis sagital	110°	110°
Posición artrodesis	Neutro	
Traslación A-P astrágalo	NO	
Angulo varo - valgo	12° valgo	9° valgo
Signos artrosis Chopart	SI	NO
Signos artrosis subastragalina	SI	NO

Tabla 50  
**Resultados estudios cinemática**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
% doble apoyo	32,41	
cadencia (p)	102,43	
velocidad (m/s)	0,97	
longitud paso (mm)	939,64	
longitud zancada (mm)	1356,34	
tiempo apoyo (s)	0,7	0,94
ROM cadera (°)	66,94	53,08
ROM rodilla (°)	72,39	90,27
ROM tobillo (°)	19,75 (-6,7 - 19,75)	29,71 (-4,42 - 29,71)
inclinación pelvis (°)	13,73	11,54
abducción cadera (°)	21,38	33,25
oblicuidad pelvis (°)	17,89	17,61



Figura 131. Tobillo sano y artrodesado en bipedestación y descalzo.



Figura 132. Radiografía ántero-posterior y lateral en carga del tobillo sano y artrodesado

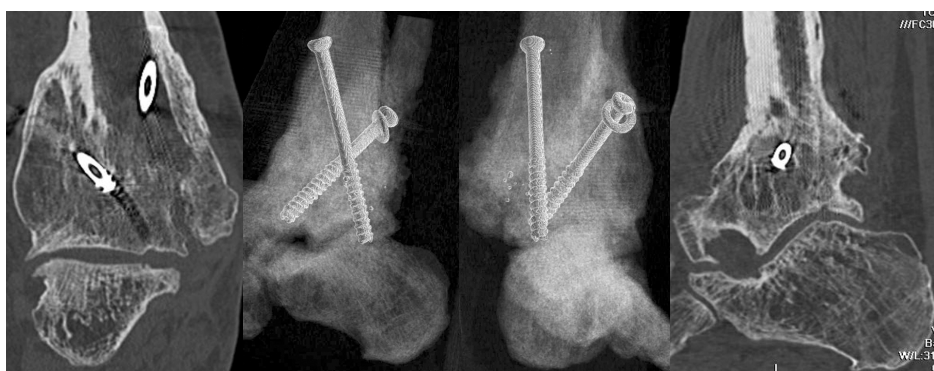


Figura 133. Tobillo derecho con artrodesis tibio-talo-peroneal con buena formación de puente óseo y tornillos bien integrados. La articulación subastragalina posterior muestra pinzamiento discreto lateral.

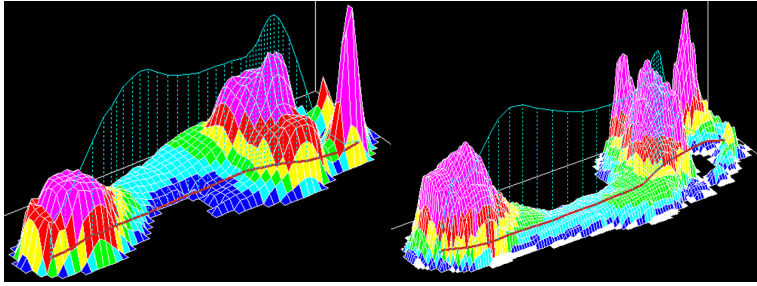


Figura 134. Pie izquierdo sano con hiperpresiones en talón, 3º a 5º metatarsianos y primer dedo. En el pie derecho artrodesado se observa una hiperpresión en el talón y en los metatarsianos 1º, 2º y 3º y en el primer dedo.

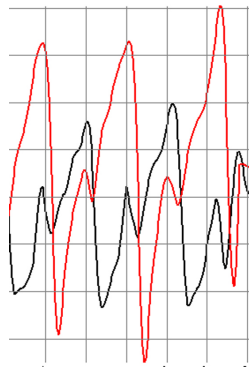


Figura 135. ROM de las articulaciones del tobillo durante la marcha, del tobillo sano (línea roja) y del artrodesado con menor rango de movilidad aunque coordinado y acompañado de pequeños movimientos previos (línea negra)

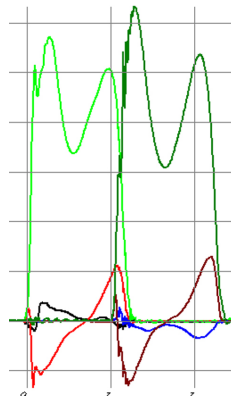


Figura 136. Cinética de la marcha muy similar en el tobillo artrodesado (verde claro) y sano (verde oscuro) aunque los picos de apoyo en el pie artrodesado son menores.



## Caso 9: JJGT

Tabla 51

### VALORACIÓN CLÍNICA

	tobillo artrodesado
Edad	28 años
Peso	80 kg
Lado artrodesado	derecho
Causa artrodesis	aplastamiento. Fractura bimalleolar abierta GI
Fecha cirugía	28/06/2004
Técnica quirúrgica	Reducción abierta y fijación interna
Fecha artrodesis	28/07/2005
Fijación artrodesis	Cirugía abierta: tornillos canulados
Complicaciones	NO
Escala Mazur	74
estabilidad varo-valgo	Estable
Movilidad art subastragalina	10° inversión / 5° eversión
rotación del pie	5° interna
Movilidad art Chopart	FP 30° / FD 0°
Atrofia de gemelos	1,5 cm
Acortamiento	0,5 cm
Inestabilidad rodilla	dolor contralateral
Dolor (EVA)	cara anterior tobillo (2,5)
Muletas	NO
Modificación calzado	Plantilla
Inflamación	NO
SF-36	96
AOFAS	40,28
Fumador	SI
EVA	2,5
callosidades	NO
Alteración cicatriz	NO

Tabla 52  
**VALORACIÓN RADIOGRÁFICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
Ángulo artrodesis sagital	113°	110°
Posición artrodesis	neutro	
Traslación A-P astrágalo	NO	
Angulo varo - valgo	0°	0°
Signos artrosis Chopart	SI	NO
Signos artrosis subastragalina	SI	NO

Tabla 53  
**Resultados estudios cinemática**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
% doble apoyo	33,72	
cadencia (p)	106,2	
velocidad (m/s)	1,26	
longitud paso (mm)	727,94	
longitud zancada (mm)	1452,89	
tiempo apoyo (s)	0,78	0,74
ROM cadera (°)	41,18	36,13
ROM rodilla (°)	73,93	78,52
ROM tobillo (°)	12,42 (-4,59 - 17,01)	14,81 (-9,92 - 24,73)
inclinación pelvis (°)	1,73	2,26
abducción cadera (°)	10,3	9,44
oblicuidad pelvis (°)	2,63	3,76



Figura 137: Tobillo sano y artrodesado en bipedestación y descalzo.

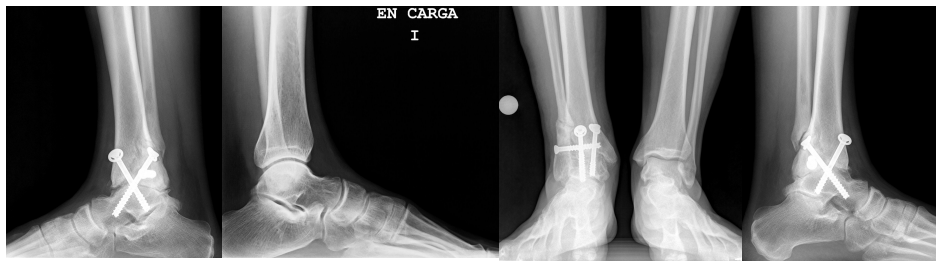


Figura 138. Radiografía ántero-posterior y lateral en carga del tobillo sano y artrodesado



Figura 139. Tobillo derecho con artrodesis tibio-talo-peroneal con buena formación de puente óseo y tornillos bien integrados. La articulación subastragalina está conservada.

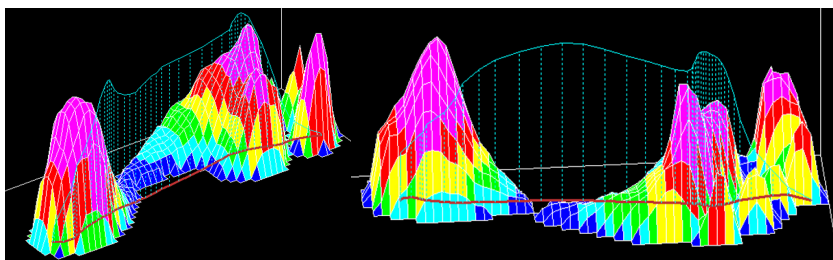


Figura 140. Pie izquierdo sano con hiperpresiones en talón, 2º y 3er metatarsianos y primer dedo. En el pie izquierdo sano se observa una elevada presión en el talón y algo menor en los metatarsianos 4º y 5º y en el primer dedo.

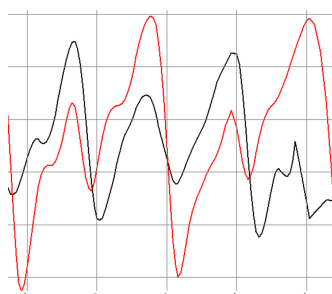


Figura 141. ROM de las articulaciones del tobillo durante la marcha, del tobillo sano (línea roja) y del artrodesado con menor movilidad aunque coordinado (línea negra)

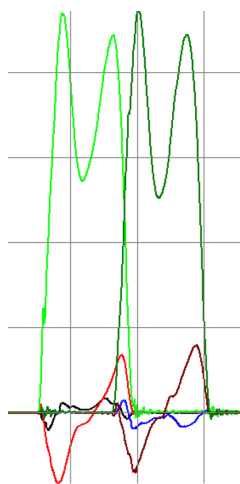


Figura 142. Cinética de la marcha muy similar en el tobillo artrodesado (verde claro) y sano (verde oscuro). Picos de apoyo pronunciados y profundo valle, correspondiente al apoyo monopodal, en ambos pies.

Caso 10: JMHA

Tabla 54 VALORACIÓN CLÍNICA

	tobillo artrodesado
Edad	26 años
Peso	95 kg
Lado artrodesado	derecho
Mecanismo	Precipitación. Fractura pilón tibial y luxación astrágalo
Fecha cirugía	10/06/2004
Técnica quirúrgica	Reducción abierta y fijación interna
Fecha artrodesis	23/12/2005
Fijación artrodesis	clavo retrógrado
Complicaciones	reintervenido con aporte injerto en dos ocasiones
Escala Mazur	78
estabilidad varo-valgo	Estable
Movilidad art subastragalina	5º inversión / 5º eversión
rotación del pie	similar
Movilidad art Chopart	FP 5º / FD 5º
Atrofia de gemelos	3 cm
Acortamiento	NO
Inestabilidad rodilla	NO
Dolor (EVA)	peroneos y cara externa tobillo
Muletas	NO
Modificación calzado	NO
Inflamación	SI
SF-36	35,31
Fumador	SI
EVA	2,5
callosidades	calcáneo lateral
Alteración cicatriz	NO
AOFAS	57

Tabla 55

**VALORACIÓN RADIOGRÁFICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
Ángulo artrodesis sagital	110°	105°
Posición artrodesis	5° equino	
Traslación A-P astrágalo	NO	
Angulo varo - valgo	0°	0°
Signos artrosis Chopart	SI	NO
Signos artrosis subastragalina	artrodesada	NO

Tabla 56

**Resultados estudios cinemática**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
% doble apoyo	30,53	
cadencia (p)	100,85	
velocidad (m/s)	1,08	
longitud paso (mm)	1038,33	
longitud zancada (mm)	1427,7	
tiempo apoyo (s)	0,4	1,1
ROM cadera (°)	47,8	57,8
ROM rodilla (°)	56,6	54,4
ROM tobillo (°)	13,9 (15,2 - 1,3)	18,9 (17,6 - -1,3)
inclinación pelvis (°)	11,4	13,2
abducción cadera (°)	7,6	9,5
oblicuidad pelvis (°)	4,3	4,3



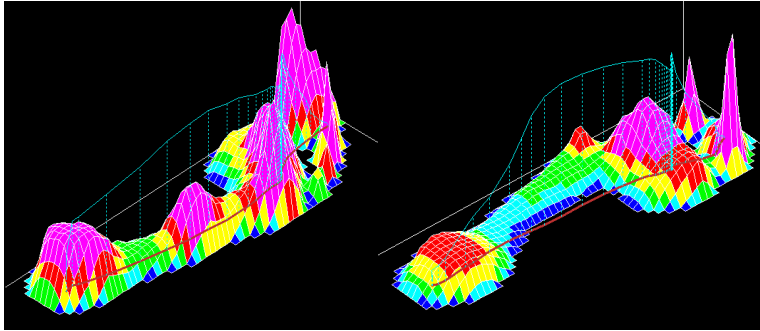


Figura 146. Pie derecho artrodesado con hiperpresiones en talón, mediopié y en metatarsianos 3º, 4º y 5º y en el primer dedo. Huella plantar izquierda con hiperpresión en la cabeza del tercer metatarsiano y en el 1er dedo.

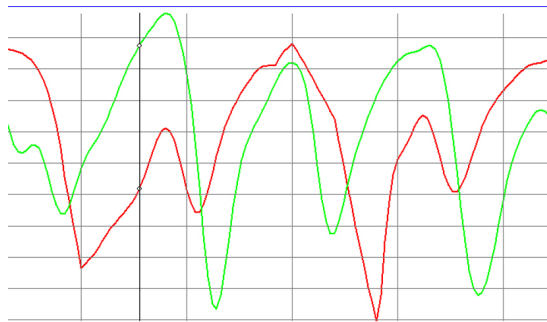


Figura 147. ROM del tobillo normal (verde) y artrodesado (rojo) con rango de movilidad aceptable pero descoordinado y pequeños movimientos de apoyo.

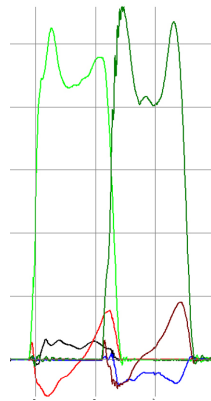


Figura 148. Cinética de la marcha con apoyo del pie artrodesado (verde claro) con menores picos de apoyo de talón y, sobre todo, del despegue de los dedos. No se aprecian alteraciones en las fuerzas ántero-posteriores.



## Caso 11: JML

Tabla 57

### VALORACIÓN CLÍNICA

	<b>tobillo artrodesado</b>
Edad	51 años
Peso	105 kg
Lado artrodesado	derecho
Mecanismo	precipitación. Fractura pilón tibial (C3) abierta G II
Fecha artrodesis	14/05/2002
Fijación artrodesis	Fijador externo
Complicaciones	Reartrodesis clavo retrógrado (28/01/2003). Algodistrofia
Escala Mazur	14
estabilidad varo-valgo	NO
Movilidad art subastragalina	inversion 0° / eversoin 0°
rotación del pie	similar contralateral
Movilidad art Chopart	FP 0ª / FD 0ª
Atrofia de gemelos	3 cm
Acortamiento	1 cm
Inestabilidad rodilla	NO
Dolor	cadera, rodilla, peroneos, subastragalina
Muletas	DOS
Modificación calzado	plantillas
Inflamación	insuficiencia venosa
SF-36	29,87
AOFAS	22
Fumador	exfumador
EVA	6
Callosidades	NO
Alteración cicatrización	NO

Tabla 58  
**VALORACIÓN RADIOGRÁFICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
Ángulo artrodesis sagital	104°	109°
Posición artrodesis	neutro	
Traslación A-P astrágalo	NO	
Angulo varo - valgo	0°	0°
Signos artrosis Chopart	SI	NO
Signos artrosis subastragalina	SI	NO

Tabla 59  
**Resultados estudios cinemática**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
% doble apoyo	26,04	
cadencia (p)	87,91	
velocidad (m/s)	0,74	
longitud paso (mm)	530,49	
longitud zancada (mm)	1053,07	
tiempo apoyo (s)	0,82	0,94
ROM cadera (°)	23,88	25,66
ROM rodilla (°)	60,88	63,52
ROM tobillo (°)	10,35 (-0,49 - 10,84)	14,36 (-6,39 - 20,65)
inclinación pelvis (°)	6,35	6,75
abducción cadera (°)	15,27	8,92
oblicuidad pelvis (°)	8,51	5,22



Figura 149. Tobillo artrodesado y sano en bipedestación y descalzo



Figura 150. Radiografía ántero-posterior y lateral en carga del tobillo sano y artrodesado

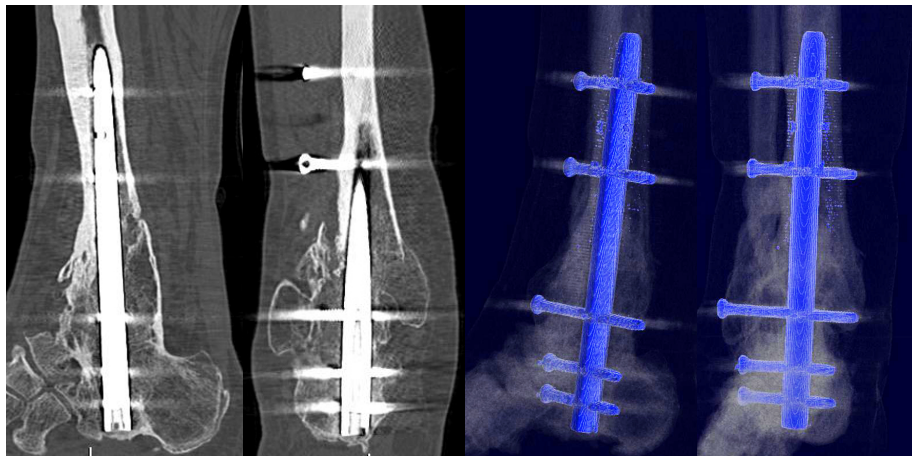


Figura 151. TAC artrodesis tibio - talo - calcánea tobillo derecho con clavo intramedular y buena formación de puente óseo.

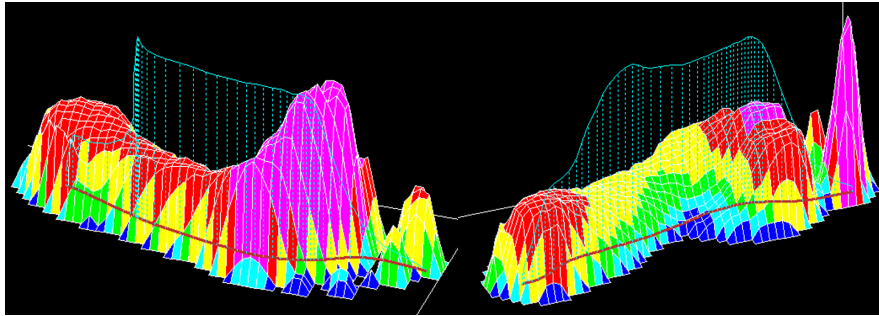


Figura 152. Apoyo plantar derecho con hiperpresión sobre todas las cabezas metatarsianas y altas presiones plantares de talón y del mediopié. No se observa apoyo de despegue en el primer dedo. En el pie izquierdo apoyo con hiperpresión localizada en la cabeza del tercer metatarsiano e hiperpresión de despegue del 1er dedo.

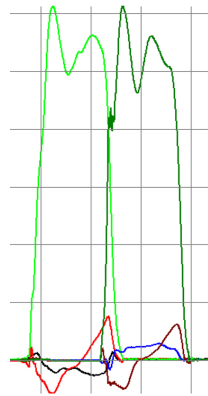


Figura 153. Cinética de la marcha fuerzas verticales del tobillo artrodesado (línea verde clara) y del piesano (línea verde oscura) semejantes con falta del pico de despegue

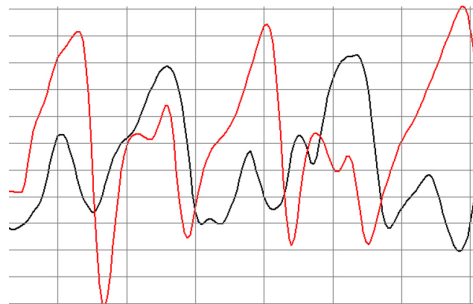


Figura 154. Movimiento de flexo-extensión de ambos tobillos durante la marcha, el tobillo artrodesado (línea negra) tiene un rango menor y está alterado.

## Caso 12: JNMN

**Tabla 60 VALORACIÓN CLÍNICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>
Edad	46 años
Peso	76 kg
Lado artrodesado	derecho
Mecanismo	Precipitación. Fractura pilón tibial (B3) abierta G II
Fecha cirugía	22/06/2004
Técnica quirúrgica	Fijador externo
Fecha artrodesis	17/03/2005
Fecha artrodesis	17/03/2005
Fijación artrodesis	Cirugía abierta. 3 tornillos canulados e injerto
Complicaciones	Extracción material. Infección (16/06/2005)
Escala Mazur	70
estabilidad varo-valgo	estable
Movilidad art subastragalina	inversión 0° / eversión 0°
rotación del pie	15° rotación interna
Movilidad art Chopart	FP 0° / FD 0°
Atrofia de gemelos	3,5 cm
Acortamiento	1 cm
Inestabilidad rodilla	No
Dolor	ligamento colateral interno rodilla, Aquiles, lig deltoideo
Muletas	NO
Modificación calzado	NO
Inflamación	edema vespertino
SF-36	38,68
Fumador	SI
AOFAS	54
EVA	5
callosidades	NO
alteración cicatriz	NO

Tabla 61  
**VALORACIÓN RADIOGRÁFICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
Ángulo artrodesis sagital	119°	109°
Posición artrodesis	10° equino	
Traslación A-P astrágalo	2 cm	
Angulo varo - valgo	10° valgo	0°
Signos artrosis Chopart	SI	NO
Signos artrosis subastragalina	SI	NO

Tabla 62  
**Resultados estudios cinemática**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
% doble apoyo	16,89	
cadencia (p)	101,72	
velocidad (m/s)	0,65	
longitud paso (mm)	578,97	
longitud zancada (mm)	1180,67	
tiempo apoyo (s)	0,68	0,76
ROM cadera (°)	54,91	48,41
ROM rodilla (°)	71,98	67,56
ROM tobillo (°)	13,8	20,48
inclinación pelvis (°)	6,56	6,87
abducción cadera (°)	11,68	8,9
oblicuidad pelvis (°)	6,77	3,56

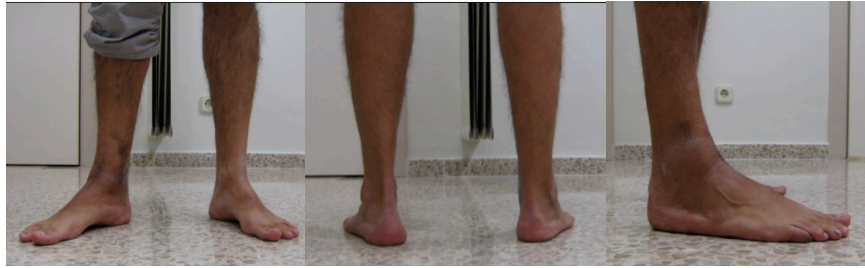


Figura 155. Tobillo artrodesado y sano en bipedestación y descalzo.



Figura 156. Radiografía ántero - posterior y lateral del tobillo sano y artrodesado con deformación sagital postraumatica de la tibia



Figura 157. TAC tobillo derecho con puente óseo completo tibiotalar y remodelación ósea de la epífisis distal tibial. Articulación subastragalina posterior discretamente pinzada en sentido lateral y remodelación ósea de diáfisis distal peroneal.

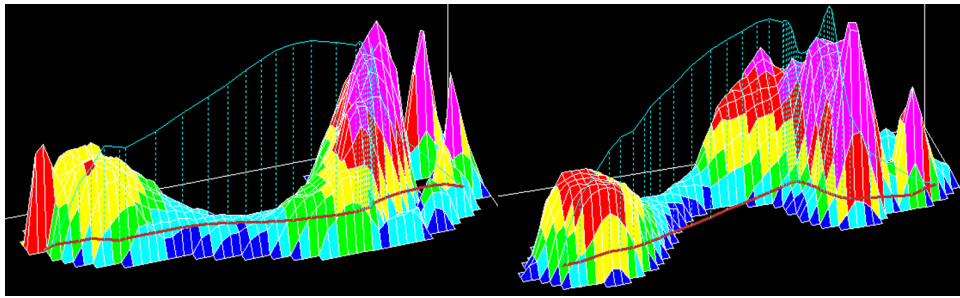


Figura 158. Pie derecho artrodesado con hiperpresiones en el antepié sin apoyo de talón.

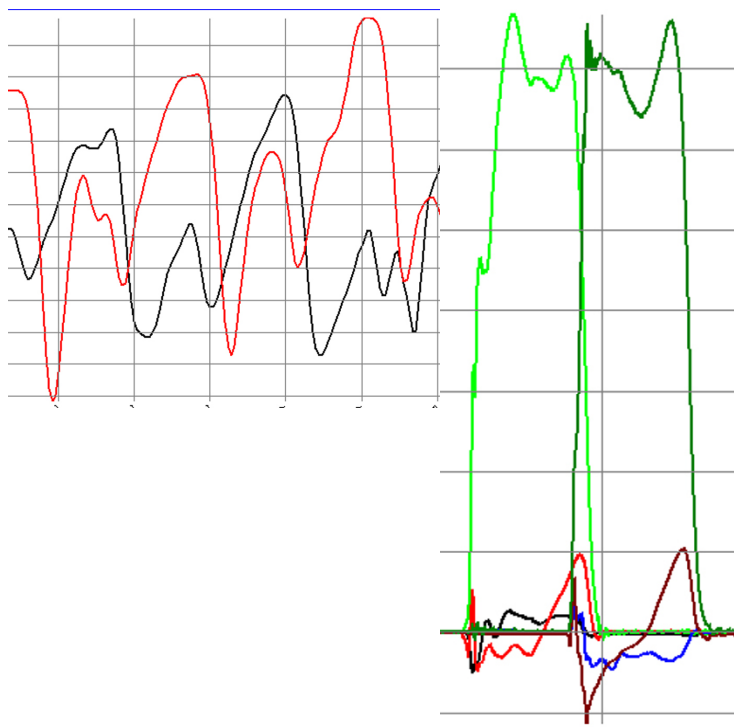


Figura 159. Movimiento de flexo - extensión del tobillo durante la marcha con un rango de movilidad menor en el tobillo artrodesado. Gráficas de la cinética de la marcha con fuerzas verticales del pie artrodesado (verde claro) sin pico de despegue del pie.



### Caso 13: JMO

Tabla 63

#### VALORACIÓN CLÍNICA

	<b>tobillo artrodesado</b>
Edad	34 años
Peso	117 kg
lado artrodesado	derecho
Mecanismo	Caída. Fractura bimaléolar
Fecha cirugía	21/08/2004
Técnica quirúrgica	reducción abierta y fijación interna
Fecha artrodesis	10/06/2005
Fijación artrodesis	Cirugía abierta. 2 tornillos canulados
Complicaciones	retirada material osteosíntesis
Escala Mazur	60
estabilidad varo-valgo	Estable
Movilidad art subastragalina	inversión 10° / eversión 5°
rotación del pie	similar
Movilidad art Chopart	FP 5° / FD 0°
Atrofia de gemelos	2,5 cm
Acortamiento	NO
Inestabilidad rodilla	NO
Dolor	tendón rotuliano homolateral, peroneos
Muletas	NO
Modificación calzado	NO
Inflamación	insuficiencia venosa
SF-36	31,43
Fumador	SI
EVA	5
AOFAS	44
Callosidades	NO
Alteración cicatrización	NO

Tabla 64  
**VALORACIÓN RADIOGRÁFICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
Ángulo artrodesis sagital	110°	110°
Posición artrodesis	Neutro	
Traslación A-P astrágalo	NO	
Angulo varo - valgo	0°	0°
Signos artrosis Chopart	SI	NO
Signos artrosis subastragalina	SI	NO

Tabla 65  
**Resultados estudios cinemática**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
% doble apoyo	24,51	
cadencia (p)	90,23	
velocidad (m/s)	0,62	
longitud paso (mm)	660,6	
longitud zancada (mm)	1283,37	
tiempo apoyo (s)	0,82	0,92
ROM cadera (°)	37,7	33,37
ROM rodilla (°)	70,29	74,1
ROM tobillo (°)	14,94 (2,08 - 12,85)	18,51 (-1,01 - 19,52)
inclinación pelvis (°)	3,63	3,87
abducción cadera (°)	7,94	10,99
oblicuidad pelvis (°)	1,68	4,09



Figura 160. Tobillo artrodesado y sano en bipedestación y descalzo



Figura 161. Radiografía ántero-posterior y lateral en carga del tobillo sano y artrodesado

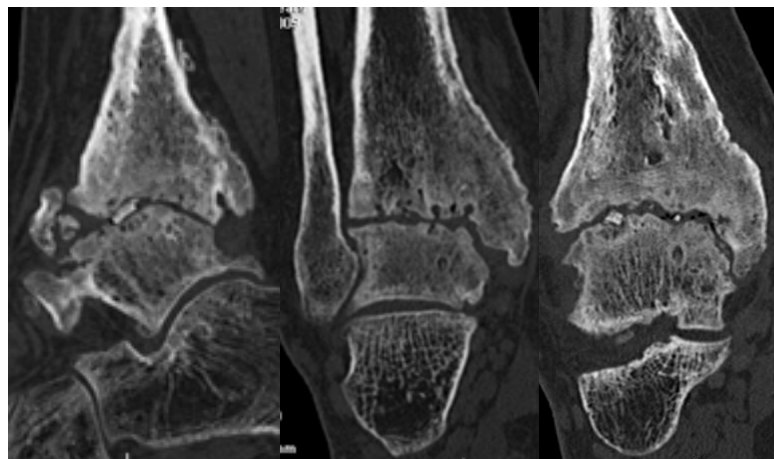


Figura 162. TAC tobillo derecho con artrodesis tibio-talar y escasa formación de puente óseo y remodelación ósea tibial. Articulación subastragalina con discreto pinzamiento lateral

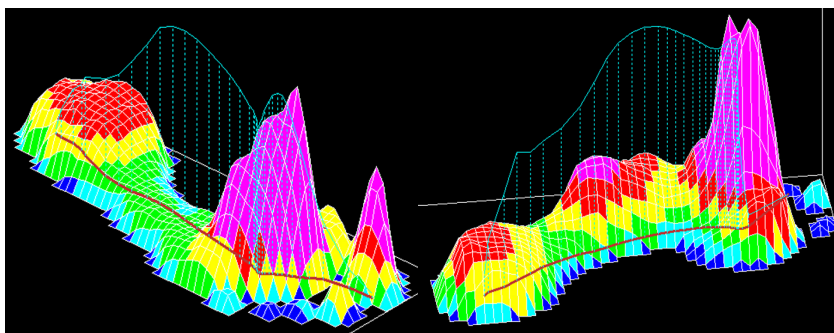


Figura 163. Tobillo derecho artrodesado con hiperpresión en cabezas 2ª, 3er, 4º y 5º metatarsianos y en primer dedo. En el pie sano se observa una hiperpresión en la base del 5º metatarsiano

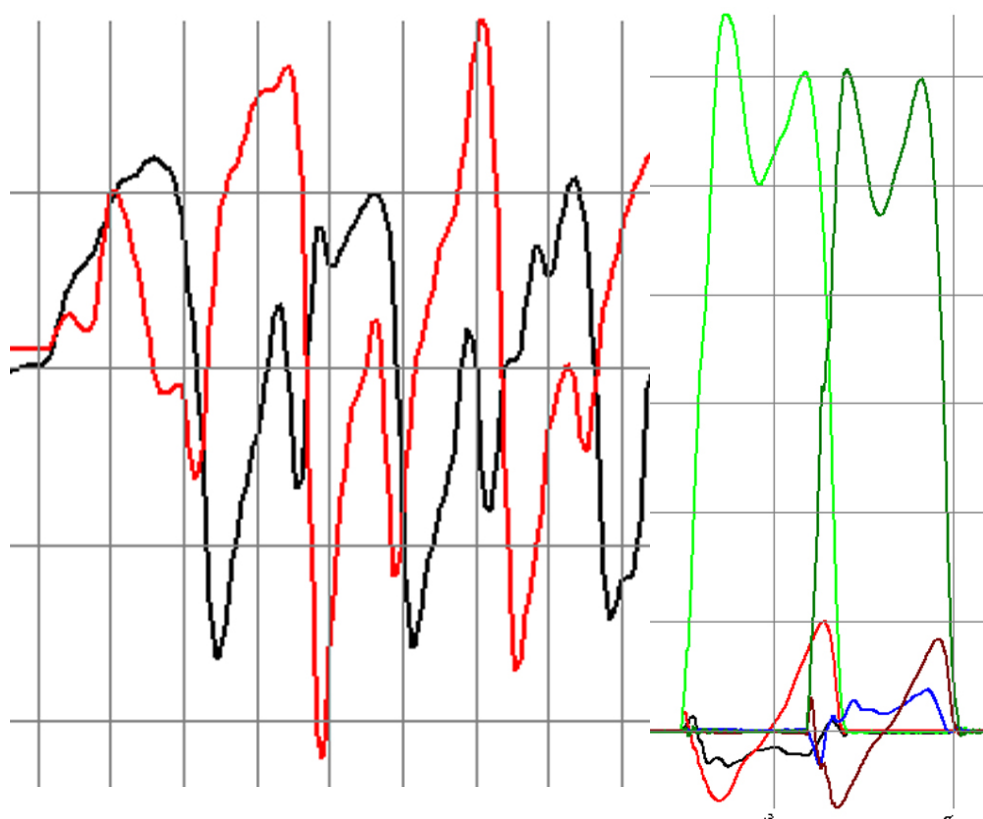


Figura 164. Movimiento de flexo-extensión de ambos tobillos durante la marcha, el tobillo artrodesado (línea negra) tiene un rango menor y alterado.

Cinética de la marcha, se aprecia un pico de apoyo de talón más prominente que en el pie sano.

## Caso 14: JRVA

Tabla 66

### VALORACIÓN CLÍNICA

	<b>tobillo artrodesado</b>
Edad	43 años
Peso	109 kg
lado artrodesado	izquierdo
Mecanismo	Tráfico. Fractura bimaléolar abierta G II
Fecha cirugía	03/06/1999
Técnica quirúrgica	Reducción abierta y fijación interna
Fecha artrodesis	29/03/2004
Fijación artrodesis	Cirugía abierta. 3 tornillos canulados e injerto
Complicaciones	Retirada un tornillo (12/07/2004)
Escala Mazur	57
estabilidad varo-valgo	Estable
Movilidad art subastragalina	inversion 5° / eversión 5°
rotación del pie	5° rotación externa
Movilidad art Chopart	FP 5° / FD 10°
Atrofia de gemelos	2 cm
Acortamiento	NO
Inestabilidad rodilla	NO
Dolor	Tobillo contralateral
Muletas	NO
Modificación calzado	NO
Inflamación	discreta
SF-36	61
Fumador	SI
EVA	3
AOFAS	61
Callosidades	NO
Alteración cicatrización	NO

Tabla 67

**VALORACIÓN RADIOGRÁFICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
Ángulo artrodesis sagital	110°	100°
Posición artrodesis	equino 10°	
Traslación A-P astrágalo	NO	
Angulo varo - valgo	8°	0°
Signos artrosis Chopart	SI	NO
Signos artrosis subastragalina	SI	NO

Tabla 68

**Resultados estudios cinemática**

	<b>tobillo sano</b>	<b>tobillo artrodesado</b>
% doble apoyo	23,26	
cadencia (p)	103,9	
velocidad (m/s)	1,17	
longitud paso (mm)	682,7	
longitud zancada (mm)	1337,8	
tiempo apoyo (s)	0,72	0,7
ROM cadera (°)	50,33	35,26
ROM rodilla (°)	63,25	73,16
ROM tobillo (°)	18,19 (12,28 - -5,91)	15,61 (6,89 - -8,73)
inclinación pelvis (°)	2,06	1,69
abducción cadera (°)	13,63	8,45
oblicuidad pelvis (°)	5,14	5,49



Figura 165. Pie sano y artrodesado en bipedestación y descalzo



Figura 166. Radiografía ántero-posterior y lateral en carga del tobillo sano y artrodesado.



TAC 167. Tobillo izquierdo con artrodesis tibio-talar completa con elementos de osteosíntesis que no muestran focos de osteólisis y remodelación ósea de la epífisis tibial distal y maleolo peroneal. Articulación subastragalina conservada.

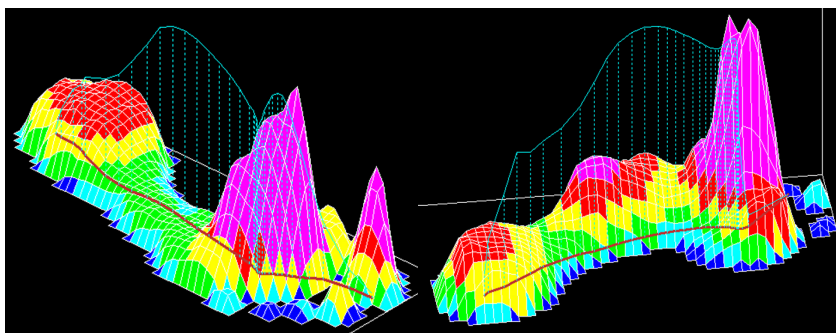


Figura 168. Huella plantar derecha (pie sano), en el pie izquierdo artrodesado hiperpresión sobre las cabezas del primer y segundo metatarsianos y borde externo del antepié.

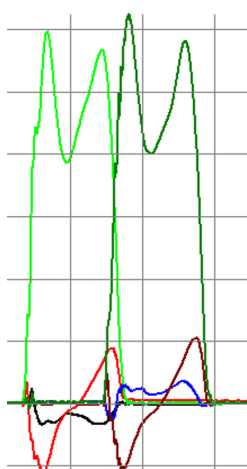


Figura 169. Cinética de la marcha. Fuerzas verticales del pie derecho (sano, verde claro) y artrodesado (verde oscuro) con fuertes contactos de talón y primer dedo.

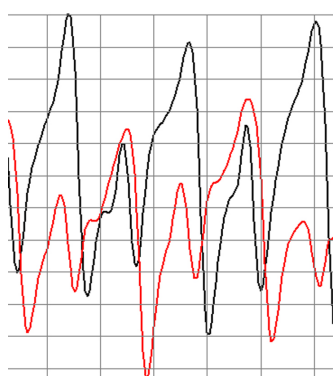


Figura 170. Movimiento de flexo - extensión durante la marcha del tobillo sano (línea negra) y artrodesado (línea roja) con mucho menor rango de movilidad.



## Caso 15: LAYG

Tabla 69

### VALORACIÓN CLÍNICA

	<b>tobillo artrodesado</b>
Edad	27 años
Peso	110 kg
Lado artrodesado	derecho
Mecanismo	precipitación 2 m. Fractura A2 cerrada
Fecha cirugía	13/03/2002
Técnica quirúrgica	reducción abierta y fijación interna
Fecha artrodesis	26/10/2004
Fijación artrodesis	Cirugía abierta. 3 tornillos canulados e injerto
Complicaciones	Fractura calcáneo izquierdo
Escala Mazur	83
estabilidad varo-valgo	Estable
Movilidad art subastragalina	Inversión 5° / eversion 5°
rotación del pie	3° rotación interna
Movilidad art Chopart	FP 10° / FD 10°
Atrofia de gemelos	2 cm
Acortamiento	2 cm
Inestabilidad rodilla	NO
Dolor	NO
Muletas	NO
Modificación calzado	Plantilla 2 cm
Inflamación	NO
SF-36	55,56
Fumador	SI
AOFAS	84
EVA	1,5
Callosidades	cabeza 5° MTT
Alteración cicatriz	NO

Tabla 70

**VALORACIÓN RADIOGRÁFICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
Ángulo artrodesis sagital	116°	110°
Posición artrodesis	equino 6°	
Traslación A-P astrágalo	NO	
Angulo varo - valgo	0°	0°
Signos artrosis Chopart	SI	NO
Signos artrosis subastragalina	SI	NO

Tabla 71

**Resultados estudios cinemática**

	<b>tobillo sano</b>	<b>tobillo artrodesado</b>
% doble apoyo	15,83	
cadencia (p)	100,85	
velocidad (m/s)	1,09	
longitud paso (mm)	669,07	
longitud zancada (mm)	1325,65	
tiempo apoyo (s)	0,74	0,72
ROM cadera (°)	34,51	37,62
ROM rodilla (°)	75,25	75,07
ROM tobillo (°)	17,56 (6,04 - 11,52)	19,54 (1,14 - 18,40)
inclinación pelvis (°)	8,58	7,97
abducción cadera (°)	16,92	6,25
oblicuidad pelvis (°)	10,84	1,15



Figura 171. Tobillo sano y artrodesado descalzo en bipedestación

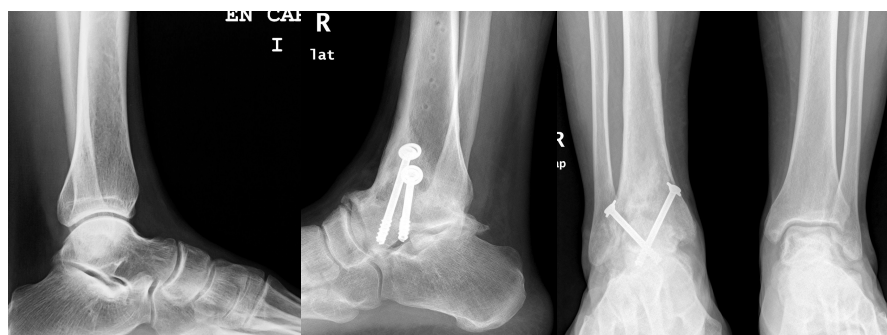


Figura 172. Radiografía ántero-posterior y lateral del tobillo sano y artrodesado.

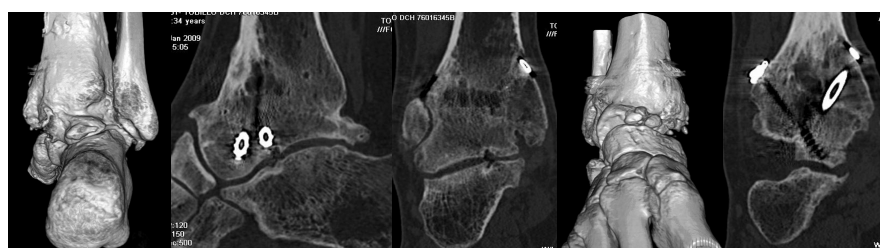


Figura 173. TAC tobillo derecho con artrodesis tibio-talar completa con pinzamiento de la articulación subastragalina posterior con osteofitos. La punta del tornillo lateral se identifica en la articulación subtalar media. Existe un pequeño núcleo de osificación accesorio talo-escafoideo dorsal.

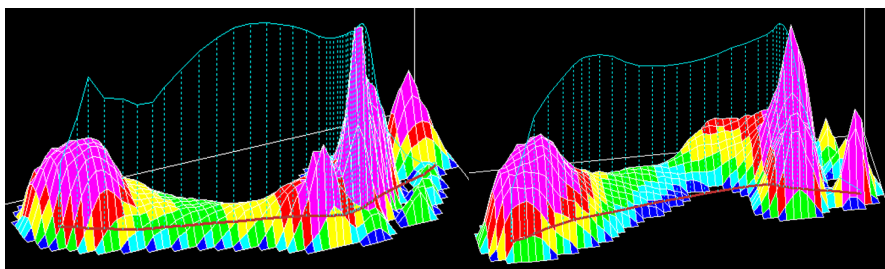


Figura 153. Huella plantar derecha con hiperpresión en talón y cabeza del 4º y 5º metatarsiano. Huella del pie sano con hiperpresión en talón, cabeza del primer metatarsiano y primer dedo.

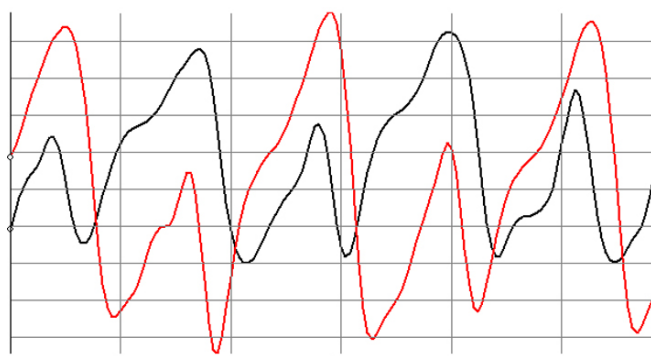


Figura 154. Movilidad de flexo-extensión del tobillo sano (línea roja) y artrodesado (línea negra) con un rango de movilidad ligeramente menor.

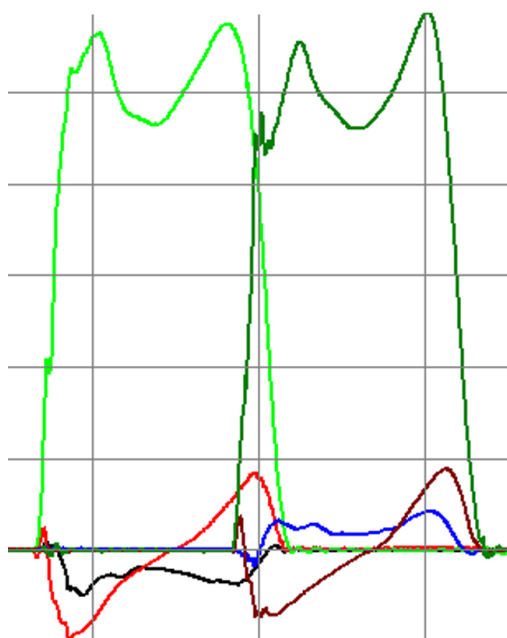


Figura 155. Cinética de la marcha con fuerzas axiales y ántero-posteriores semejantes en ambos pies.

## Caso 16: LCC

**Tabla 72 VALORACIÓN CLÍNICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>
Edad	43 años
Peso	54 kg
Lado artrodesado	izquierdo
Mecanismo	Caída escaleras. Fractura bimalleolar abierta G I
Fecha cirugía	11/09/1999
Técnica quirúrgica	Reducción abierta y fijación interna
Fecha artrodesis	27/05/2002
Fijación artrodesis	Cirugía abierta. 3 tornillos canulados
Complicaciones	Retirada material osteosíntesis (27/06/2003). Osteoporosis
Escala Mazur	51
estabilidad varo-valgo	Estable
Movilidad art subastragalina	inversión 5° /eversión 5°
rotación del pie	5° rotación interna
Movilidad art Chopart	FP 10° / FD 5°
Atrofia de gemelos	1 cm
Acortamiento	2 cm
Inestabilidad rodilla	NO
Dolor	Peroneos, dorso pie, tendón Aquiles
Muletas	NO
Modificación calzado	Plantillas
Inflamación	Insuficiencia venosa
SF-36	34,75
Fumador	NO
AOFAS	54
EVA	8
Callosidades	NO
Alteración cicatriz	NO

Tabla 73  
**VALORACIÓN RADIOGRÁFICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
Ángulo artrodesis sagital	113°	109°
Posición artrodesis	equino 5°	
Traslación A-P astrágalo	NO	
Angulo varo - valgo	26° valgo	0°
Signos artrosis Chopart	SI	NO
Signos artrosis subastragalina	NO	NO

Tabla 74  
**Resultados estudios cinemática**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
% doble apoyo	32	
cadencia (p)	83,24	
velocidad (m/s)	0,61	
longitud paso (mm)	542,57	
longitud zancada (mm)	1073,6	
tiempo apoyo (s)	1,1	0,9
ROM cadera (°)	45,67	35,5
ROM rodilla (°)	56,19	49,94
ROM tobillo (°)	18,86	13,19
inclinación pelvis (°)	3,31	2,59
abducción cadera (°)	7,56	6,79
oblicuidad pelvis (°)	3,75	3,06



Figura 174. Tobillo sano y artrodesado descalzo y en bipedestación.



Figura 175. Radiografía ántero - posterior y lateral en carga del tobillo sano y artrodesado

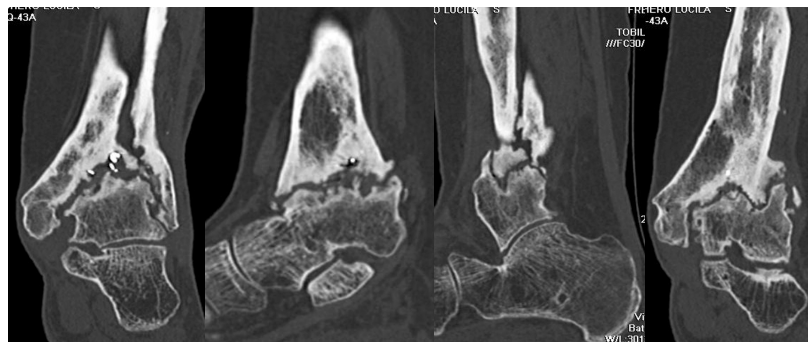


Figura 176. TAC tobillo artrodesado izquierdo con escaso puente óseo y remodelación ósea tibial y peroneal y puente óseo talo-tibial en el lado externo que no llegan a fusionarse. Articulación subtragalina conservada. Llamativa atrofia muscular en el tercio distal de la pierna.

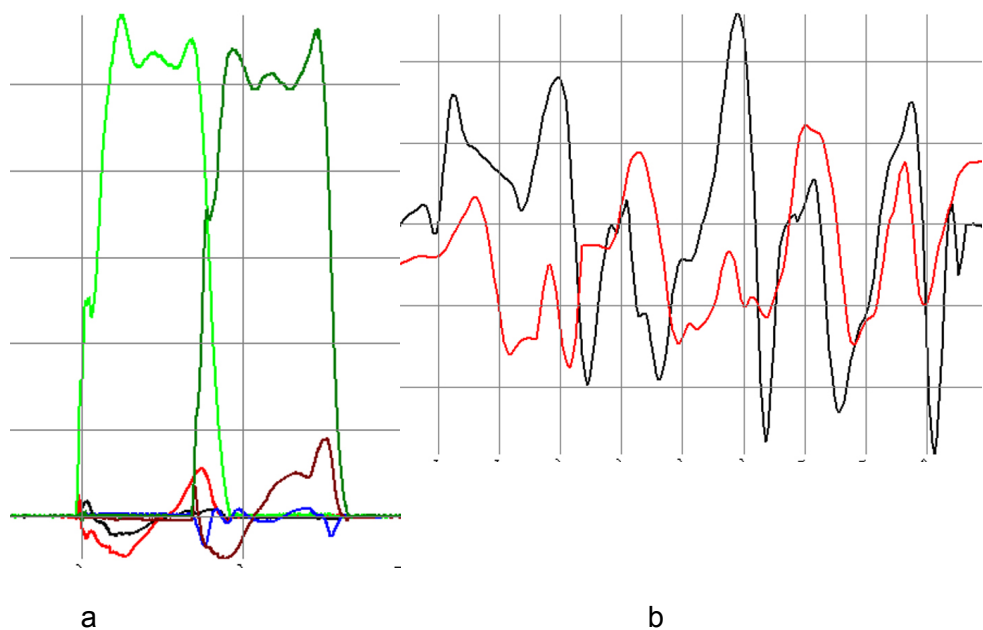


Figura 177. a) Cinética de la marcha. Pie derecho sano (verde claro) con apoyo de talón y pico bajo de despegue del pie. En el pie artrodesado es menor el pico del apoyo de talón. b) Movimientos de flexo - extensión del tobillo sano (línea negra) y del artrodesado (línea roja) con menor rango de movilidad.



Caso 17: **LMB**

Tabla 75

**VALORACIÓN CLÍNICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>
Edad	54 años
Peso	78 kg
Lado artrodesado	derecho
Mecanismo	Precipitación. Fractura - luxación tobillo abierta G II
Fecha cirugía	09/10/1998
Técnica quirúrgica	Reducción abierta y fijación interna
Fecha artrodesis	16/01/2004
Fijación artrodesis	Cirugía abierta. 2 tornillos canulados
Complicaciones	NO
Escala Mazur	17
estabilidad varo-valgo	Estable
Movilidad art subastragalina	10° inversion / 10° eversion
rotación del pie	10° externa
Movilidad art Chopart	FP 5° / FD 0°
Atrofia de gemelos	2 cm
Acortamiento	NO
Inestabilidad rodilla	NO
Dolor	Medio pie, LLI rodilla homolateral
Muletas	NO
Modificación calzado	Plantilla
Inflamación	insuficiencia venosa
SF-36	49,85
Fumador	NO
EVA	3
callosidades	Arco plantar interno
Alteración cicatriz	NO
AOFAS	42

Tabla 76

**VALORACIÓN RADIOGRÁFICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
Ángulo artrodesis sagital	112°	112°
Posición artrodesis	neutro	
Traslación A-P astrágalo	NO	
Angulo varo - valgo	5° valgo	0°
Signos artrosis Chopart	SI	NO
Signos artrosis subastragalina	SI	NO

Tabla 77

**Resultados estudios cinemática**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
% doble apoyo	19,76	
cadencia (p)	90,27	
velocidad (m/s)	0,57	
longitud paso (mm)	586,01	
longitud zancada (mm)	1192,47	
tiempo apoyo (s)	0,92	0,86
ROM cadera (°)	47,6	52,8
ROM rodilla (°)	59	63,5
ROM tobillo (°)	14,5 (19,8 - 5,3)	19,8 (22,4 - 2,6)
inclinación pelvis (°)	5,6	4,6
abducción cadera (°)	8,8	8,1
oblicuidad pelvis (°)	4,7	4,5



Figura 178. Tobillo artrodesado y sano en bipedestación y descalzo



Figura 179. Radiografía ántero-posterior y lateral en carga del tobillo sano y artrodesado



Figura 180. TAC tobillo derecho con artrodesis completa tibio peroneo astragalina sin elementos de fijación con osteotomía en el tercio distal del peroné con fusión del maleolo peroneal a las estructuras óseas del retropié.

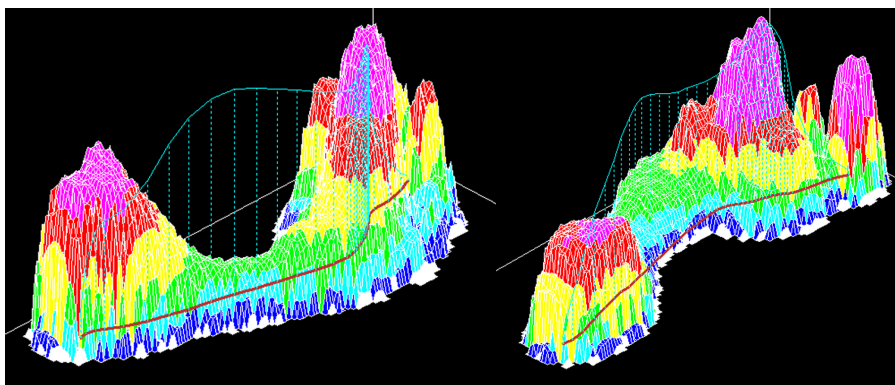


Figura 181. Huella plantar derecha, del tobillo artrodesado con hiperpresión en talón y en cabezas 3º y 4º. En el pie izquierdo se observa hiperpresión en tercer metatarsiano y primer dedo.

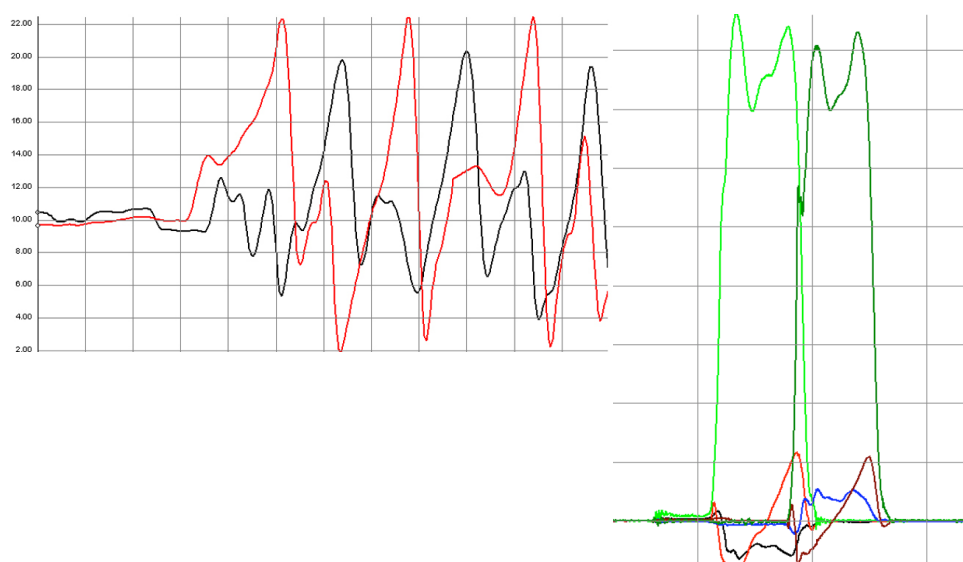


Figura 182. Movimientos de flexo-extensión del tobillo del tobillo derecho artrodesado (línea negra) y sano (línea izquierda). Cinética de la marcha con apoyos muy semejantes de ambos pies.

## Caso 18: LMMD

**Tabla 78 VALORACIÓN CLÍNICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>
Edad	54 años
Peso	89 kg
lado artrodesado	derecho
Mecanismo	Caída. Fractura pilón tibial (B3)
Fecha cirugía	05/11/1987
Técnica quirúrgica	reducción abierta y fijación interna
Fecha artrodesis	25/03/2004
Fijación artrodesis	cirugía abierta. 3 tornillos canulados
Complicaciones	NO
Escala Mazur	48
estabilidad varo-valgo	estable
Movilidad art subastragalina	inversión 5° / eversión 10°
rotación del pie	similar contralateral
Movilidad art Chopart	FP 0° / FD 10°
Atrofia de gemelos	NO
Acortamiento	NO
Inestabilidad rodilla	NO
Dolor	rodilla contralateral, peroneos, Aquiles
Muletas	NO
Modificación calzado	NO
Inflamación	edema vespertino
SF-36	49,37
Fumador	NO
EVA	4,5
AOFAS	54
Callosidades	NO
Alteración cicatriz	NO

Tabla 79

**VALORACIÓN RADIOGRÁFICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
Ángulo artrodesis sagital	110°	114°
Posición artrodesis	neutro	
Traslación A-P astrágalo	NO	
Angulo varo - valgo	0°	8° varo
Signos artrosis Chopart	NO	NO
Signos artrosis subastragalina	NO	NO

Tabla 80

**Resultados estudios cinemática**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
% doble apoyo	24,64	
cadencia (p)	88,25	
velocidad (m/s)	0,53	
longitud paso (mm)	617,4	
longitud zancada (mm)	1215,48	
tiempo apoyo (s)	0,94	0,82
ROM cadera (°)	50,08	47,7
ROM rodilla (°)	60,47	66,24
ROM tobillo (°)	18,6	27,4
inclinación pelvis (°)	6,29	6,2
abducción cadera (°)	20,64	18,54
oblicuidad pelvis (°)	13:11	12,99



Figura 183. Tobillo artrodesado y sano en bipedestación y descalzo



Figura 184. Radiografía ántero-posterior y lateral en carga del tobillo sano y artrodesado



Figura 185. TAC tobillo derecho con artrodesis tibio talar con escasa formación de puente óseo y fractura de maleolo interno consolidada, existiendo buena fusión entre peroné y astrágalo. En el maleolo peroneal se identifica imagen de pseudoartrosis. Articulación subastragalina con discreto pinzamiento lateral con superficies articulares lisas, aparentemente libres los ligamentos de seno del tarso. Pequeñas lesiones osteocondrales en la superficie articular proximal del escafoides.

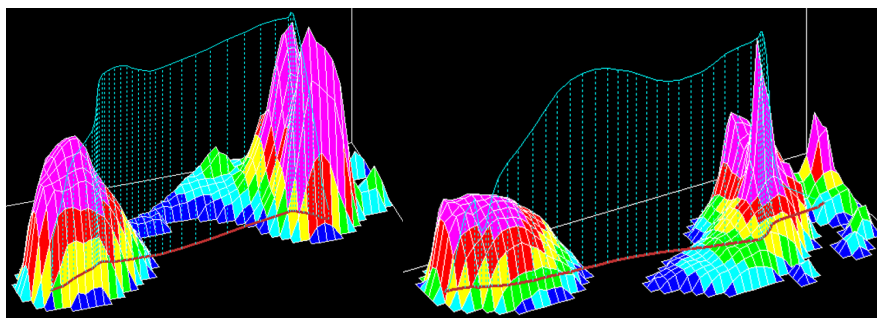


Figura 186. Pie sano, izquierdo, con hiperpresiones en talón y antepié, sobre cabezas del primer al cuarto metatarsiano. El pie izquierdo con hiperpresión en talón y cabeza metatarsianos centrales, No se aprecia apoyo en el mediopié.

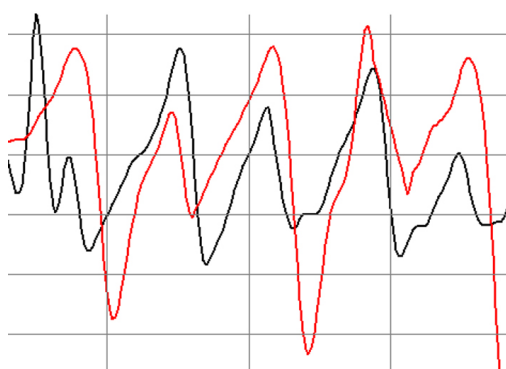


Figura 187. ROM de los tobillos durante la marcha, el tobillo derecho, artrodesado, muestra un rango de movimiento menor.

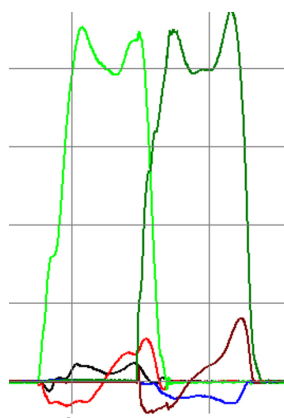


Figura 188. Cinética de la marcha, con apoyos semejantes entre el tobillo artrodesado (verde claro) y el sano (verde oscuro). Se observan alteraciones en las fuerzas ántero-posteriores (línea roja) del pie artrodesado.



**Caso 19: MMN**

Tabla 81

**VALORACIÓN CLÍNICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>
Edad	39 años
Peso	76 kg
Lado artrodesado	izquierdo
Mecanismo	Tráfico. Fractura - luxación abierta G I
Fecha cirugía	28/01/2000
Técnica quirúrgica	Clavo Steinmann transcalcáneo. Fijador externo
Fecha artrodesis	12/05/2005
Fijación artrodesis	Cirugía abierta. 3 tornillos canulados
Complicaciones	NO
Escala Mazur	64
estabilidad varo-valgo	Estable
Movilidad art subastragalina	inversion 5° / eversion 5°
rotación del pie	3° interna
Movilidad art Chopart	FP 0° / FD 5°
Atrofia de gemelos	3 cm
Acortamiento	NO
Inestabilidad rodilla	NO
Dolor	astragalo-escafoidea, Aquiles, cadera
Muletas	NO
Modificación calzado	plantillas
Inflamación	insuficiencia venosa
SF-36	39,53
Fumador	SI
EVA	5,5
AOFAS	56
Callosidades	cabeza 5° MTT
Alteración cicatriz	NO

Tabla 82  
**VALORACIÓN RADIOGRÁFICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>	<b>tobillo sano</b>
Ángulo artrodesis sagital	112°	110°
Posición artrodesis	neutro	
Traslación A-P astrágalo	NO	
Angulo varo - valgo	0°	0°
Signos artrosis Chopart	NO	NO
Signos artrosis subastragalina	SI	NO



Figura 189. Tobillo artrosidesado y sano en bipedestación y descalzo



Figura 190. Radiografía ántero-posterior y lateral en carga del tobillo sano y artrodesado



Figura 191: TAC tobillo izquierdo con artrodesis completa tibio peroneo astragalina y puente óseo en toda la articulación sin existir focos de osteólisis en los elementos de osteosíntesis. El tornillo a través de maleolo interno tiene la punta en el seno del tarso inmediatamente posterior a la inserción de los ligamentos del seno del tarso. Se aprecia artrosis talocalcánea con osteofitos mediales y laterales e imagen de degeneración de cartílago en articulación subastragalina posterior

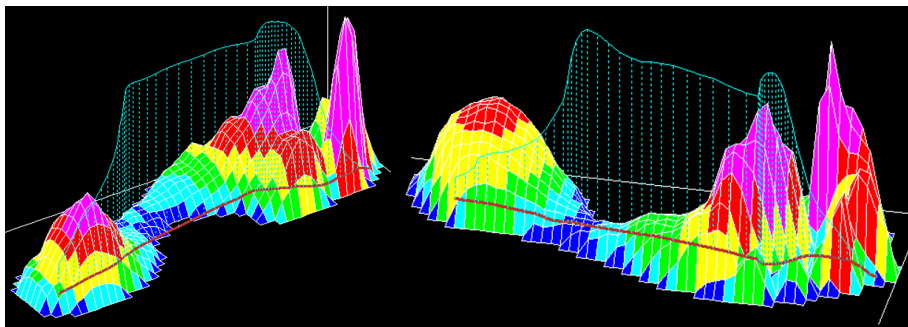


Figura 192. Huella plantar del pie artrodesado con hiperpresiones en talón, cabezas de los metatarsianos centrales y primer dedo. En el pie derecho las hiperpresiones corresponden al primer metatarsiano y al 3º y 4º.

## Caso 20: VGL

**Tabla 83 VALORACIÓN CLÍNICA**

	<b>tobillo artrodesado</b>
Edad	41 años
Peso	102 kg
Lado artrodesado	derecho
Mecanismo	Precipitación. Fractura pilón tibial (C3) abierta G III
Fcha cirugía	03/11/2003
Técnica quirúrgica	Fijador externo
Fecha artrodesis	23/04/2004
Fijación artrodesis	Cirugía abierta. 2 tornillos canulados, fijador externo e injerto
Complicaciones	Artrodesis subastragalina derecha (28/03/2005) Reartrodesis tobillo (09/07/2008)
Escala Mazur	19
estabilidad varo-valgo	Estable
Movilidad art subastragalina	inversión 0° / eversión 0°
rotación del pie	5° interno
Movilidad art Chopart	FP 0° / FD 0°
Atrofia de gemelos	2 cm
Acortamiento	NO
Inestabilidad rodilla	NO
Dolor	rodilla contralateral, cara externa pie
Muletas	NO
Modificación calzado	NO
Inflamación	Ligera. Media compresiva
SF-36	41,65
Fumador	NO
AOFAS	40
EVA	3,5
Callosidades	NO
Alteración cicatrización	NO

Tabla 84

### VALORACIÓN RADIOGRÁFICA

	tobillo artrodesado	tobillo sano
Ángulo artrodesis sagital	120°	124°
Posición artrodesis	Neutra	
Traslación A-P astrágalo	NO	
Angulo varo - valgo	0°	4° valgo
Signos artrosis Chopart	SI	SI
Signos artrosis subastragalina	SI	NO

Tabla 85

### Resultados estudios cinemática

	tobillo artrodesado	tobillo sano
% doble apoyo	29,29	
cadencia (p)	90,23	
velocidad (m/s)	0,96	
longitud paso (mm)	622,27	
longitud zancada (mm)	1278,29	
tiempo apoyo (s)	0,82	0,88
ROM cadera (°)	29,62	29,73
ROM rodilla (°)	61,89	70,07
ROM tobillo (°)	13,70 (1,82 - 11,88)	18,04 (-2,10 - 20,14)
inclinación pelvis (°)	5,04	3,85
abducción cadera (°)	5,44	10,96
oblicuidad pelvis (°)	2,08	8,52



Figura 193. Tobillo sano y artrodesado en bipedestación y descalzo



Figura 194. Radiografía ántero-posterior y lateral en carga del tobillo sano y del artrodesado



Figura 195. TAC tobillo derecho, con artrodesis tibio-talo-calcánea completa, sin focos de osteolisis en los tornillos. Osteotomía en el tercio distal del peroné con fusión del maleolo peroneal a estructuras óseas de retropié.

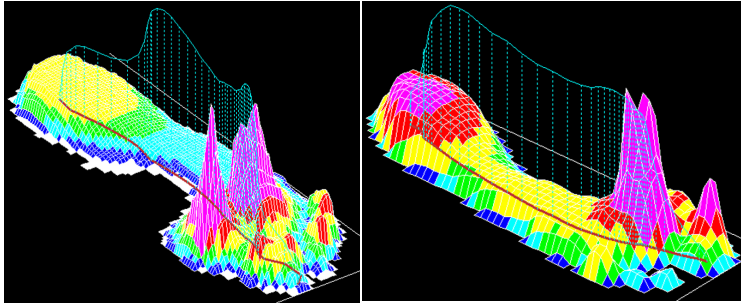


Figura 196. Pedobarografía del pie izquierdo, con sobrecarga sobre las cabezas de los primeros metatarsianos y del pie derecho con sobrepresiones en la cabeza del 2º metatarsiano y en el primer dedo.

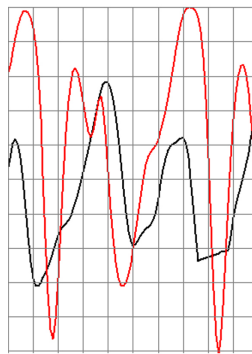


Figura 197. Cinemática de la flexo-extensión del tobillo artrodesado (negro) menor que con el tobillo sano (rojo)

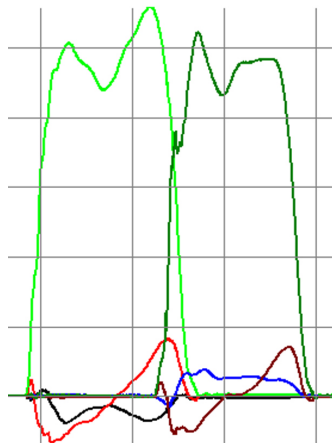


Figura 198. Ciclo de marcha entrando con el pie derecho artrodesado mostrando un despegue del pie con fuerzas elevadas (verde claro) y mayores fuerzas ántero-posteriores (rojo) que en el pie sano (marrón).



## DISCUSSION



Hemos planteado un estudio de la artrodesis de tobillo como consecuencia de traumatismos en el mundo laboral. La población estudiada, aunque escasa, es significativa. Nuestro estudio se ha planteado analizar los resultados y la calidad de vida en pacientes con una artrodesis de tobillo pues pensamos que es una solución adecuada frente a una fractura grave de pilón tibial. Algunos autores han propuesto la alternativa de las prótesis de tobillo, sin embargo, pensamos que la artrodesis es, en tobillos deformados tras los traumatismos, bien tolerada y permite una calidad de vida suficiente para efectuar las actividades cotidianas (138). En los pacientes estudiados hemos visto que aún siendo laborales y contestando con miedo a muchas de las preguntas, tal vez por miedo a perder alguna prebenda, realizan una vida diaria muy normal siempre y cuando no se exijan grandes esfuerzos. No podemos olvidar que la etiología en todos ellos son consecuencia de graves accidentes con un futuro funcional incierto. Ha sido llamativa la buena función de los pies de los pacientes, incluso en un caso nos hemos encontrado que el pie del tobillo artrodesado presentaba mayor movilidad que el no artrodesado, posiblemente hay una compensación de ambas extremidades y la no operada se adapta a las condiciones funcionales de la intervenida. El 80% de los pacientes intervenidos ofrecen una función adecuada según las escalas utilizadas.

La limitación de nuestro estudio son la poca población obtenida, a pesar de la amplia casuística disponible, por la dificultad para revisar a pacientes que han dejado su trabajo, han cambiado de domicilio o no han querido volver a revisión después de muchos años pues nuestro trabajo está centrado en el mundo laboral que evita, en muchas ocasiones, respuestas correctas, claras o verdaderas por el miedo a perder unas condiciones legales beneficiosas para el propio paciente.

En nuestro estudio hemos comparado siempre el tobillo operado con la extremidad contralateral no intervenida, denominada en muchas ocasiones sana, y que hemos utilizado como control, si bien sabemos que puede sufrir patologías, cambios radiográficos y modificaciones compensatorias y alteraciones biomecánicas como consecuencia del

tobillo artrodesado. Sin embargo, nos parece más fiable que buscar un grupo control.

La artrodesis de tobillo se ha considerado como una cirugía de rescate en pacientes con dolor moderado e intenso, una alteración funcional grave y una deformidad del retropié, siempre que esté afectada la articulación tibio - astragalina (139-143). Además, aproximadamente el 1% de las personas padecen una artrosis en la articulación del tobillo (144), de las cuales casi tres cuartas partes de los casos son consecuencia de un traumatismo con fracturas de tobillo o rotura de los ligamentos (145).

La artrodesis tibio-talo-calcánea también está indicada en el tratamiento de graves pérdidas de hueso y artritis reumatoidea (146), con o sin inestabilidad asociada y, evidentemente, es una alternativa no sencilla cuando hay que retirar una prótesis de tobillo (147). El objetivo es eliminar el dolor, consiguiendo una fijación estable con un retropié y un tobillo anatómicamente alineados (148). Es un procedimiento que obtiene muy buenos resultados en el pie incapacitado y en la artropatía de tobillo y se puede considerar como una alternativa de salvamento frente a la amputación en las articulaciones neuropáticas, diabéticas, degenerativas o reumatoideas.

La artrodesis de tobillo también está indicada en la artritis reumatoide (38) y no se diferencia en los resultados de otras indicaciones, sea postraumática o artrósica (149). En estos pacientes puede seguir molestando el tobillo por dolor, a pesar de la artrodesis, que suele ser consecuencia de una corrección incompleta de la deformidad, una fijación interna dolorosa o de patología de las articulaciones adyacentes.

Los pacientes con una artrodesis estable en éste estudio, funciona muy bien durante las actividades de la vida diaria. Cuando usan calzado, todos ellos pueden caminar sobre terreno regular sin dolor. La artrodesis les ha permitido regresar a sus ocupaciones y actividades recreativas previas. Sobre ésta base, se puede decir que tienen un resultado muy satisfactorio. Basados en nuestra graduación clínica, estos

pacientes tienen una limitación importante cuando caminan descalzos pero sólo media o moderada cuando usan calzado.

Entre las ventajas de la artrodesis de tobillo queremos reflejar:

1. Corrige grandes deformidades
2. Se puede realizar cuando la prótesis total de tobillo está contraindicada
3. Puede ser el tratamiento definitivo a lo largo de toda la vida del paciente
4. Alto porcentaje de buenos resultados con una cirugía única
5. Alivio de síntomas como resultado inicial
6. Permanece algún rango de movilidad en el pie
7. Es un procedimiento relativamente simple con un alto porcentaje de consolidaciones (96% de artrodesis en 50 pacientes (47); 93% de artrodesis en 29 pacientes (150); 97% de artrodesis en 43 pacientes (106); en nuestra serie todos, menos uno de los pacientes, consiguieron la consolidación primaria.

Entre las desventajas de la artrodesis, podemos señalar,

1. Desarrollo de artrosis en articulaciones vecinas (151)
2. Conlleva a un mayor número de artrodesis de articulaciones vecinas
3. Pérdida biomecánica y funcional (126)
4. Complicaciones como son el dolor, la pseudoartrosis o las inestabilidad en articulaciones vecinas (94,150).

#### **Técnicas quirúrgicas utilizadas en la artrodesis de tobillo**

La mayoría de los casos presentados en el estudio están intervenidos con tornillos entrecruzados, algunos con placas y otros, los más recientes, también con clavos intramedulares y es que la artrodesis tibio-talo-calcánea puede conseguirse con muchas y variadas técnicas. Además de los tornillos, los sistemas más utilizados son las placas contorneadas, el fijador externo y los clavos intramedulares (151-154). Cada autor ha defendido su técnica de fijación donde es difícil resaltar unos métodos sobre otro. Así se han publicado resultados con tornillos a

compresión (155,156), placas (155), placas 95° (10,148), fijador externo, enclavado intramedular (98,144,157-167) o injerto de peroné intramedular colocado como un clavo retrógrado (168-170).

La diferencia entre la placas contorneadas y los clavos intramedulares específicos para realizar una artrodesis de tobillo es la exposición de las partes blandas necesaria para cada técnica. Los pacientes que precisan una artrodesis de tobillo, generalmente, han sufrido cirugías previamente y el clavo tiene la ventaja de que se puede introducir percutáneamente, con una pequeña incisión. La cuestión que se plantea es si el clavo ofrece una estabilidad suficiente para conseguir la consolidación del foco a artrodesar.

También se ha indicado la artrodesis por artroscopia siempre que no haya deformidad, en valgo o en varo, del tobillo superior a 15° y exista una mínima interlínea articular para introducir la óptica y el motor (2,171,172). Es importante obtener una consolidación temprana que permita comenzar una pronta rehabilitación con carga (173).

En 1962, Küntscher (174) describió el clavo intramedular retrógrado cerrado para efectuar la artrodesis de tobillo. Posteriormente, la aparición de los clavos encerrojados difundió este método utilizando clavos retrógrados femorales o específicos para artrodesis de tobillo, con los tornillos de encerrojado colocados en el plano coronal (139,171,175-178). Las indicaciones para la utilización de un clavo retrógrado serían pacientes con un compromiso de partes blandas, fallo de una artrodesis previa, diabéticos, neuropáticos y los riesgos más frecuentes, señalados en la literatura, son las infecciones, el daño neurológico (neuromas del nervio sural) o vascular durante la colocación del clavo, dificultad para comprimir el foco, colocación de los tornillos en el astrágalo, calcáneo osteoporótico, fracturas por fatiga (179), prominencia del clavo en la planta del pie, solicitaciones elevadas en la parte más proximal del clavo o de los tornillos de encerrojado, roturas de los tornillos distales, pseudoartrosis, consolidación en posición inadecuada y acortamientos (13-15,139,140,142,156,180).

Con los clavos encerrojados, el tornillo de bloqueo más distal se aloja en el calcáneo, bien por un abordaje lateral o ántero-posterior, según el tipo del clavo, pero el más proximal se debe insertar en el astrágalo y esto presenta problemas, pues el hueso suele estar colapsado o necrosado. Por ello, los clavos más recientes permiten el encerrojado de posterior a anterior y de esta manera los tornillos se fijan en el calcáneo y, al menos, en el cuello y cabeza del astrágalo (171).

El clavo retrógrado proporciona una unión sólida, con alto índice de consolidaciones y pocas complicaciones con satisfacción del paciente (2,171). El aspecto más comprometido de esta técnica es acertar con el punto de entrada, que se localiza en la intersección entre la línea sagital que va desde el 2º metatarsiano hasta el centro del talón y la línea coronal entre el tercio medio y distal del talón (140,181-184).

La fijación con tornillos ofrece garantías suficientes (185) en este tipo de pacientes, aunque en caso de deformidades importantes es mejor el clavo intramedular o la fijación externa. Con los tornillos hay que procurar que no atraviesen la articulación subastragalina y que todas las espiras crucen la línea de artrodesis (162).

El fijador externo se recomienda en aquellos casos de osteitis, osteonecrosis, osteoporosis o cuando hay malas condiciones de las partes blandas. En caso de pérdida de hueso, en la extremidad distal de la tibia, se recomienda un clavo intramedular para conseguir una fijación más estable.

Las características mecánicas y el efecto sobre la densidad ósea, en las artrodesis de tobillo, son muy similares tanto con una placa como con el clavo intramedular por lo que la decisión de utilizar un implante u otro se basa en factores clínicos o en el estado de las partes blandas (148).

La fijación con un clavo intramedular es más resistente que los tornillos cruzados, tanto en flexión como a torsión, y ayuda a mantener el retropié en la posición anatómica deseada, mejorando la consolidación de la artrodesis (186). Por su parte, hay quien sostiene que el fijador externo circular es más resistente a la torsión que un clavo intramedular, de 10

mm x 150 mm, sin encontrar diferencias a la resistencia en flexión (187). En esta misma línea, Mueckley et al (188,189), encontraron que el clavo intramedular, a compresión y con tres tornillos, es superior biomecánicamente al fijador externo a compresión y al clavo intramedular sin compresión.

En un estudio biomecánico, Bennett et al (190) encontraron que la técnica de los tres tornillos de esponjosa cruzados ofrecen la mayor estabilidad con relación a los micromovimientos. Por el contrario, un clavo intramedular bloqueado y dos tornillos cruzados presentan magnitudes mucho mayores de movimiento. O'Neill et al (191) compararon la artrodesis tibio-talocalcánea con el clavo intramedular añadiendo o no tornillos sobre hueso de cadáver. El tornillo ofrece una mayor estabilidad al sistema de fijación. En esta línea, también sobre huesos de cadáver, Means et al (192) demostraron que el clavo intramedular retrógrado presenta una mayor estabilidad con una orientación de los clavos en sentido ántero - posterior.

Fragomen et al (193) compararon, en especímenes humanos, los micromovimientos que produce la artrodesis con clavo intramedular y con el fijador externo circular tipo Ilizarov, viendo que ambos ofrecen una estabilidad adecuada, siendo la medialización del astrágalo, la capacidad de comprimir el clavo y la colocación de un tornillo ántero -posterior técnicas que mejoran la biomecánica del clavo. Por eso, la segunda generación de clavos intramedulares para artrodesis de tobillo han incorporado tornillos en posiciones especiales, como es la ántero-posterior a lo largo del eje longitudinal del calcáneo, así como con fijadores externos que permiten mejorar la compresión y aseguran la fijación.

Mann y Rongstat (15), desarrollaron un clavo retrógrado con un tornillo de bloqueo que pasa a través del calcáneo en sentido longitudinal para dar una mayor rigidez torsional. Berson et al (151) ofrecieron compresión en el foco de artrodesis con un sistema externo de compresión. Mückley et al (188) demostraron el efecto beneficioso de la compresión durante la estabilidad inicial de la artrodesis tibio-talo-



calcánea .El tiempo medio de consolidación fue de unos cuatro meses y medio (2,139) y los índices de consolidación de la artrodesis está entre el 93% y el 100% según las casuísticas (194,195).

### La artrodesis de tobillo en las escalas de valoración funcional y de calidad de vida

La artrodesis de tobillo alcanza una satisfacción del 80% de los pacientes (96). Pero los estudios a medio y largo plazo muestran un claro deterioro funcional con el tiempo (93,115,196-199). El resultado satisfactorio depende de la causa que obligó a realizar la artrodesis. Los pacientes con artrodesis de tobillo tras una infección bacteriana o un tobillo neuropático tienen peores resultados (200,201) y muestran un grado de satisfacción más bajo.

La artrodesis tibio-astrágalo - calcánea mejora la escala AOFAS de forma significativa hasta alcanzar 66 puntos (2,139) o 74 puntos (15). En nuestro estudio los pacientes presentaron una media de 49,89 puntos.

El SF-36 ha sido cuestionado por no considerar la comorbilidad (202). Así, pacientes con otras patologías asociadas tenían siempre peor resultado que los que no tienen. Es un dato a tener en cuenta con este tipo de estudios. Sin embargo, existe una correlación directa entre la escala SF-36 y la cantidad de movilidad residual tras la artrodesis; a mayor movilidad, mejores puntuaciones (203-205).

El SF-36 se ha utilizado profusamente por estar probado en enfermedades crónicas (206,207), degenerativas y agudas (208); en diferentes grupos de edad y sexo, en salud pública y en medición de consecuencia de enfermedades (209). Además, es una escala de valoración que obtiene unos índices de consistencia interna (alfa de Cronbach) por encima de 0,70, valor mínimo recomendado para realizar comparaciones de grupos (210) e incluso superiores a 0,80.

Como problemas específicos, dentro de las actividades diarias, tras una artrodesis de tobillo se ha señalado el subir escaleras, levantarse de una silla, caminar sobre superficies irregulares y correr. Los pacientes

generalmente tienen un nivel bajo de satisfacción ya que se ven obligados a necesitar ayuda o a modificar su calzado de forma permanente.

En nuestro estudio la mayoría de los pacientes, tanto en la escala AOFAS como Mazur señalan un dolor leve ocasional o moderado; la mayoría (70%) realizan una actividad diaria normal limitada únicamente para el deporte.

Centrándonos en la artrodesis de tobillo analizaremos los diferentes aspectos estudiados en la literatura. La mayoría de los estudios se concentran en la evaluación de la posición óptima para la fusión del tobillo y para la evaluación funcional de las artroplastias totales de tobillo (114,115,211-213). Otros estudios más recientes han tratado de identificar las limitaciones clínicas de los pacientes con la artrosis de tobillo (214) y muchos menos han analizado la función del pie y del tobillo desde un punto de vista biomecánico (215,216).

Revisando las casuísticas históricas, Adams (175), revisó, en 1948, los resultados de la artrodesis en 30 tobillos mediante la técnica transperonea y encontró un 93% de consolidaciones a las 13 semanas. Ratliff (112) analizó los resultados de la artrodesis de tobillo con el compresor de Charnley, obteniendo un 91% de consolidaciones, con un 88% de buenos o excelentes resultados.

Las series clínicas que se han centrado en el arco de movimiento de la articulación mediotarsiana o articulación de Chopart, en el plano sagital (flexión dorsal o flexión plantar), han mostrado resultados muy diferentes; algunos han demostrado un aumento de movimiento (97,115,173,196,217,218), mientras que otros han señalado su disminución (93,96,197,200,219,220).

Kimberly, en 1936, (221), fue el primero en discutir sobre la hipermovilidad compensatoria de las pequeñas articulaciones en la artrodesis de tobillo que fue repetido por otros autores (173,222) aunque nunca se ha demostrado objetivamente. Sin embargo, siempre se ha aducido que las alteraciones radiográficas artrósicas (9) y la rigidez articular que se aprecia en éstas articulaciones son resultado de la artrodesis de tobillo. Comparando los resultados clínicos de pacientes que

tras una artrodesis presentan hipermovilidad o rigidez ( $<10^\circ$ ), no se ha demostrado una correlación con los buenos resultados funcionales (219).

#### Posición indicada para fijar el tobillo

Richter et al (223,224) utilizaron un sistema denominado KIOP (Kraftsimulator Intra-operative Pedographie), para detectar las malas posiciones intraoperatorias. Para minimizar la influencia de la actividad muscular, se realizaron las mediciones en una posición neutra, donde se ha demostrado electromiográficamente que la actividad muscular en bipedestación está silente, utilizando un sistema de tomografía computerizada durante la realización de la artrodesis de tobillo (CAS).

Caron et al (185) recomiendan colocar el pie en posición neutra ya que la posición en equino produce una sobrecarga en la tibia y una marcha con la rodilla en flexión. También aconsejan un valgo de aproximadamente  $5^\circ$  evitando la desviación del talón en varo, mientras que la rotación, interna o externa, del pie viene determinada por la posición de la otra extremidad. La necesidad de una cirugía de revisión se minimiza con la corrección de la posición del astrágalo, fusión del tobillo a  $90^\circ$  y evaluación preoperatoria de la articulación subastragalina (225).

Los resultados de Buck et al (114) reflejan que una posición en valgo del tobillo es ventajosa y proporciona una marcha más normal. Por su parte, Said et al (173) analizaron la marcha en 11 pacientes, los que mejor caminaban tenían una posición del tobillo en ángulo recto con un discreto equino y una pseudo-dorxiflexión de  $5^\circ$  o más y pseudoflexión plantar de  $20^\circ$  ó más, aprovechando el resto de las articulaciones mediotarsianas.

Se ha dicho que una artrodesis en discreta posición de equino favorece la fase de apoyo y que el retropié en un discreto valgo o en posición neutra, evita el apoyo sobre el borde lateral del pie, disminuyendo el riesgo de dolor en ésta zona y la formación de callosidades. Por su parte, la rotación externa del pie permite una buena movilidad de la rodilla, evitando que ésta gire externamente, durante la fase de apoyo, lo que puede dar una laxitud del ligamento lateral interno.

Además, un acortamiento discreto también es beneficioso pues facilita el despegue del pie durante la fase oscilante de la marcha (226).

Para varios autores, con experiencia clínica en pacientes artrodesados de tobillo (115,227), el resultado funcional final depende fundamentalmente de la movilidad del llamado tibio-pie y no de la posición del tobillo, aunque otros (115,219) no han encontrado una correlación entre la movilidad y el resultado final.

La posición correcta del tobillo es más importante en pacientes con una rigidez del pie, ya que no son capaces de compensar el movimiento de dorsi-flexión con los movimientos de las articulaciones mediotarsianas y subastragalina.

En nuestro estudio el 75% de los pacientes tienen una buena alineación con un apoyo plantigrado del pie y un retropié alineado y tan solo un 5% ofrecieron un apoyo no plantigrado con grave desalineación del retropié. Tres pacientes presentaron una rotación externa (media de 6°), seis pacientes tenían una rotación similar al lado contralateral y en los once restantes el pie artrodesado se encontraba en rotación interna (media de 8°). Radiográficamente vimos que la mayoría de los pies artrodesados estaban con un ángulo sagital entre 101° y 120°.

#### La marcha con una artrodesis de tobillo

La marcha en pacientes con artrodesis de tobillo fue estudiada por Mazur et al (115) quien diseñó un modelo con tres marcadores para el complejo pie - tobillo, demostrando una pérdida de movimiento de los pacientes con artrodesis de tobillo compensado por el movimiento de las pequeñas articulaciones vecinas y provocando una movilidad alterada en la pierna contralateral. Posteriormente, Buck et al (114) con electrogoniómetros tridimensionales señalaron que una artrodesis en valgo es ventajosa y provee un ciclo de marcha más normal. Astion et al (228) señalaron que las artrodesis que incluyen la articulación astrágalo-escafoidea limitan, unos 2°, los movimientos de las articulaciones vecinas. Wu et al (218) vieron un aumento en el movimiento en el plano coronal del retropié, reflejo de un aumento de la eversión del pie durante la fase de

apoyo. Mann y Rongstad (15) demostraron una pérdida del 74% del movimiento en el plano sagital y, tal vez, mucho más significativo, la pérdida del 70% en los movimientos de inversión y eversión en los pacientes artrodesados.

La artrodesis del tobillo disminuye la movilidad del tobillo en el plano sagital, flexión dorsal o flexión plantar del retropié y la rotación de la tibia, pero solo disminuyen ligeramente los movimientos de inversión o eversión del pie. Aunque se ha observado una movilidad de flexo-extensión de 12,5° en el retropié que compensa, hasta cierto punto, la pérdida de movilidad del tobillo durante la marcha, nunca alcanza los 30° de movilidad para conseguir una marcha normal. La artrodesis de tobillo resulta un tratamiento eficaz, ya que alivia el dolor y restituye la función que se ve reflejada en el incremento de la longitud del paso del lado intervenido y del no intervenido con respecto al previo a la cirugía.

En un estudio prospectivo (229) se vio que el incremento de la movilidad de la articulación subastragalina era de 4° y el de la columna medial del pie de 2°. La calidad de vida se puede asociar al incremento de ésta movilidad tras realizar una artrodesis. Aunque no podemos olvidar que el aumento de movilidad en la articulación subastragalina también puede provocar un pinzamiento de la parte posterior de la faceta posterior de la articulación subastragalina que favorece el desarrollo de una artrosis (224), hecho que hemos comprobado frecuentemente en nuestros pacientes.

Para efectuar la marcha normal se necesita un rango de dorsiflexión del tobillo de 24 a 30°, para subir las escaleras son necesarios 37° y para bajar escaleras 55°. En individuos sanos la movilidad de las articulaciones distales al tobillo contribuyen hasta en un 40° de la flexión plantar en el plano sagital (229).

Mazur et al (115), después de una artrodesis de tobillo vieron que disminuía la longitud del paso y la velocidad de marcha. Con un calzado adecuado todos los pacientes volvieron a sus ocupaciones iniciales y actividades de recreo, pero descalzos mostraban muchas limitaciones. Waters et al (49) también vieron un descenso en la velocidad de marcha

del 84% con respecto a la normal. En la misma línea Thomas et al (126) demostraron una longitud del paso disminuido con un acortamiento durante la fase de apoyo monopodal. Además, vieron que los pacientes con una artrodesis de tobillo disminuyen significativamente los rangos de movimiento en todos los planos del espacio, tanto en el retropié como en el antepié, durante el apoyo y la fase de oscilación del ciclo de marcha.

El análisis de marcha en pacientes con el tobillo artrodesado muestra un aumento de la movilidad del pie (115) aunque Abdo y Wasilewski (230) no vieron diferencias significativas entre el pie sano y el artrodesado. Esto concuerda con el trabajo de Kitaoka y Patzer (231,232) quien en su análisis de la marcha, en la extremidad de un cadáver con artrodesis de tobillo, vieron que se mantenía gran parte de la función, calculando una pérdida de la movilidad de tan sólo el 28%.

Para Katsenis (226) los pacientes artrodesados caminan con un patrón de talón a dedos y la transición o el tiempo que intervienen desde el golpe de talón hasta el pie plantigrado disminuye en el pie artrodesado. Por su parte, los pacientes que conservan la movilidad del mediopié, tienen una transición más suave y más corta desde el pie plantigrado hasta el despegue de dedos cuando se compara con un pie rígido. Ningún paciente presentó una transición normal del centro de presión durante la fase de apoyo (226).

En cuanto a la repercusión de la artrodesis de tobillo sobre el resto de las articulaciones del miembro inferior, no se aprecian alteraciones significativas de la movilidad de la articulación de la cadera o de la rodilla. La velocidad del paso se disminuye en un 16% y se incrementa el consumo de oxígeno en un 3%, aunque se sobrecargan las articulaciones vecinas provocando el desarrollo de artrosis. Además, en el estudio de la cinética del apoyo, tanto los pacientes intervenidos con una artrodesis o por una prótesis de tobillo, presentan una mejora en el perfil de la cinética, comparado con los pacientes artrósicos (233,234).

El tiempo para conseguir una función establecida requiere un periodo de adaptación entre un año y año y medio tras la artrodesis. Pasado este tiempo, en contra de lo que opinan numerosos autores, la

evolución permanece relativamente estable sin padecer una degradación significativa con el tiempo. Por eso, es preferible realizar una artrodesis de forma precoz ya que si se retrasa demasiado pueden degenerar el resto de articulaciones (227).

En nuestros resultados el 60% presentaron un patrón del paso normal y el 90% caminaban más de una manzana de casas sin parar, resaltando que el 35% era capaz de caminar más de 6 manzanas sin detenerse aunque hay que señalar que la mayoría de los pacientes intervenidos tenían dificultades para andar por superficies irregulares. Aproximadamente el 20% de los pies artrodesados eran capaces de subir o bajar pendientes con normalidad, el resto tenían que adoptar posiciones adecuadas del pie para conseguirlo aunque hay que decir que ninguno de los pacientes se vio imposibilitado para hacerlo.

La rotación en la pelvis y el movimiento de la rodilla no presentaron variaciones. Los análisis de la marcha confirmaron una disminución de la cadencia y de la longitud del paso, con menor rango de movilidad del retro- y mediopié tanto durante la fase de apoyo como de oscilación (126). Esta pérdida de movilidad contribuye a la aparición de una artrosis subastragalina (97,121,126,140,151,157,200,235-238).

Thomas et al (126) señalaron durante la marcha con un tobillo artrodesado una disminución de la cadencia y de la longitud de paso con menor flexión de la cadera. Sin embargo, no se han visto diferencias estadísticamente significativas respecto a la cadencia en el grupo artrodesis comparado con el grupo control (126,239). Tanto Thomas et al (126) como Beyaert et al (239) mostraron pequeñas diferencias en el tiempo de de la fase de apoyo, con pacientes con una cadencia disminuida comparada con los controles. Por su parte, Wu et al (218) encontraron una cadencia aumentada en pacientes, comparados con los controles, y un aumento significativo del tiempo durante la fase de oscilación. Tanto Wu et al (218), como Thomas et al (126) vieron una disminución de la dorsiflexión del retropié comparado con los grupos control. Sin embargo, Wu et al (218) señalan un aumento del rango de movimiento del antepié analizados con el grupo control mientras que

Thomas et al (126) publicaron lo contrario. El estudio de la marcha en pacientes artrodesados sugiere que la mayor alteración de los parámetros de la marcha se observan en el retro y en el mediopie.

Waters et al (49) en los estudios de marcha con una velocidad media de 67 m/min, el 84% de la velocidad normal, vieron que la longitud del paso era menor comparada con sujetos normales, sin incrementar la cadencia en un intento de alcanzar la velocidad normal.

En la marcha normal, la duración del apoyo simple es igual para el miembro inferior derecho y para el izquierdo, lo que resulta en una marcha simétrica. Los sujetos que tienen una artrodesis de tobillo presentan un tiempo de apoyo sobre el lado artrodesado menor comparado con el contralateral (38% y 44%) (49).

En nuestro estudio no vimos grandes alteraciones cinemáticas de la marcha, incluso la movilidad del segmento pie - tobillo fue más elevada de lo esperado en los pies artrodesados, notando una compensación por parte del resto de las articulaciones. Sin embargo, debemos señalar que no encontramos diferencias significativas entre la extremidad artrodesada y la sana en parte porque existe una compensación de la extremidad sana para acompañar a la artrodesada. Sería ilógico pensar que si una extremidad disminuye su cadencia la otra sigue manteniendo una cadencia normal. El aspecto más llamativo de la marcha en nuestro estudio fue, sin lugar a dudas, los cambios en el momento de cambiar el pie la dirección de propulsión (apoyo de talón) y retropulsión (despegue del pie). Al carecer de flexibilidad, el pie artrodesado aunque con magnitudes de fuerzas similares, hace el cambio de dirección un 10% más tarde que el pie sano pues elimina el momento del apoyo monopodal.

Al igual que en el estudio de Mazur et al (115), los pacientes con una artrodesis presentan una rotación del pie con respecto a la tibia, para compensar, en parte, la falta de prono-supinación del antepie. La dorsiflexión máxima ocurre en la fase de apoyo monopodal de la marcha, con una media de 5° (rango de 0 a 8°) mientras que la flexión plantar máxima se produce en la fase terminal de la fase de apoyo monopodal, poco antes de comenzar el despegue, con una media de 12° y un rango



de entre 5° y 24° (49). En nuestro análisis los grados de movilidad de dorsi-flexión desde 0°, fue nula en el 40% de los pacientes; de 5° en el 35% de los casos y en el resto, 25% fue superior a 10°. La media del movimiento de inversión fue de 6° (rango: 0°-18°) y de la eversión de 5° (rango: 0°-20°), observando que, en el plano coronal, los pacientes con una artrodesis de tobillo tenían un rango medio de movilidad de 10° (rango: 0°-30°). De éstos 6° eran de flexión plantar (rango: 0°-30°) y 4° de flexión dorsal (rango: 0°-10°).

También desde el punto de vista energético se ha visto que el consumo medio de oxígeno es de 12 ml/kg de peso por metro de altura, lo que representa un 3% más que lo normal e implica una eficiencia de la marcha del 90% (240). Las pulsaciones de los sujetos con artrodesis de tobillo son de 93 latidos/min, un poco inferior a la de los sujetos normales 99 lat/min, lo cual demuestra que no se precisa un mayor gasto energético (49).

El estudio de la marcha explica el por qué de estos buenos resultados. Cuando usan calzado, todos ellos caminan con una velocidad adecuada y con un ritmo constante. No hay movimientos inusuales del tronco, ni de los segmentos superiores al tobillo fusionado (241). Los patrones rotacionales de la pelvis, caderas y rodillas fueron normales y tampoco se han hallado alteraciones importantes en la plataforma de fuerza, y los vectores de fuerza mantienen una relación normal con el cuerpo. Sin embargo, cuando caminan descalzos, la velocidad del paso se enlentece y la longitud de zancada disminuye.

Para obtener esta buena función, los pacientes con un tobillo fusionado requieren mecanismos de compensación utilizando los arcos de movilidad disponibles en las pequeñas articulaciones por debajo del tobillo fusionado.

### Complicaciones de las artrodesis de tobillo

Históricamente, se ha asociado a un importante porcentaje de complicaciones, hasta un 60%, actualmente se presentan con menos frecuencia y se pueden dar buenos resultados clínicos y radiográficos

hasta 25 años o más después de la cirugía, si la artrodesis se realizó de forma precoz, antes de que existieran cambios artrósicos significativos en las articulaciones vecinas.

En orden de frecuencia las complicaciones más comunes son la falta de consolidación (30%-40%) que en otras series se sitúa entre el 7 y el 15%), la consolidación viciosa (3%), la infección (25%), la mala-alineación de la tibia y el astrágalo, osteonecrosis del astrágalo, los problemas de cicatrización y las dismetrías. Se consideran como factores determinantes para que no se produzca una consolidación adecuada el tipo de fractura, un hueso de mala calidad, la posición del tobillo, la presencia de necrosis avascular, una infección local, patología de base asociada, fracturas abiertas y en los pacientes fumadores se incrementa el riesgo de pseudoartrosis entre 4 veces (92) y 16 veces con respecto a los no fumadores (241,242). Sin embargo, no conviene olvidar que las consolidaciones están entre el 80 y 100% de los tobillos intervenidos (49).

Un aspecto de interés, a tener en cuenta, es la artrosis postraumática cuando no se quita el suficiente hueso esclerótico. También la obesidad es un factor de riesgo pues las fuerzas de tracción excesivas sobrepasan los límites de la fusión.

La falta de diagnóstico de los procesos artríticos o artrósicos en las articulaciones adyacentes puede provocar un dolor persistente a pesar de haber realizado una artrodesis correcta. Las articulaciones dolorosas deben ser evaluadas radiográficamente antes de la cirugía y efectuar infiltraciones selectivas.

Said et al (173) encontraron que todas las artrodesis fallidas necesitaron una reintervención, mientras que otros reflejan la reintervención ente un 50 y 70% de los casos (9,97,200,243). Por su parte, el aporte de factores de crecimiento o sustitutivos óseos no se ha demostrado que sea eficaz.

Las complicaciones de las artrodesis de tobillo abiertas se distinguen a corto, medio o largo plazo. A corto plazo, es decir, las que ocurren entre el postoperatorio inmediato hasta los seis meses, las

complicaciones precoces son, fundamentalmente, problemas con la herida y las infecciones (244,245).

Los problemas relacionados con la herida tienen una relación directa con la técnica quirúrgica y el manejo de las partes blandas durante la cirugía. La mayoría de los problemas de la herida son retrasos de la cicatrización e infección superficial de la herida quirúrgica o de los clavos, cuando se utiliza un fijador externo, alcanzan el 40 - 50% de los problemas (197,246-248). Otras complicaciones pueden ser las lesiones nerviosas, la distrofia regional compleja, la trombosis venosa profunda, el embolismo pulmonar y otros problemas que pueden retrasar una rehabilitación satisfactoria.

No hay que olvidar que los pacientes artrodesados tienen cirugías previas y presentan cicatrices múltiples y adherencias en los tejidos blandos que rodean el tobillo. Por eso se deben utilizar las incisiones previas y crear planos con grosor adecuado para optimizar la revascularización de los bordes. Cuando no se pueden utilizar las incisiones previas, se debe tener cuidado para que llegue la circulación necesaria para prevenir la necrosis que puede desembocar en una infección. Las medidas para prevenirlo son el uso de antibióticos preoperatorios, una técnica quirúrgica meticulosa y evitar la tracción excesiva de la piel. Si no se puede hacer un cierre primario de la herida, se recurre a un sistema de vacío (249) o a un colgajo miocutáneo. También se han propuesto terapias inhibitoras de factores de crecimiento (250).

Salvo que exista una infección no se deben utilizar antibióticos y es suficiente con el cuidado diario de la herida. Los cultivos de la herida están controvertidos por el alto riesgo de contaminación. Es importante reconocer y tratar estas complicaciones de forma precoz, ya que si no se hace puede terminar en una amputación (173).

Las infecciones profundas pueden provocar una sepsis y osteomielitis (173). Para su tratamiento se recomiendan los lavados y el desbridamiento de la herida en quirófano, combinado con un tratamiento antibiótico intravenoso, durante 6 semanas. Si la infección alcanza el

material de osteosíntesis hay que retirarlo y estabilizar mediante un fijador externo para intentar salvar la artrodesis (226). El porcentaje de amputación en pacientes con osteomielitis persistente y drenado de material purulento, pese a las medidas mencionadas, puede alcanzar el 50% (173,246,247,251), que puede ser todavía mayor en las artrodesis realizadas sobre una infección previa.

Las complicaciones a medio plazo son las que ocurren entre los primeros seis meses y hasta el año de la cirugía. Durante este periodo la artrodesis se consolida, permitiendo a los pacientes una carga progresiva hasta la carga completa y les permite regresar a sus actividades habituales. Hay que tener en cuenta que la mayoría de los pacientes retoman sus actividades previas a la cirugía aproximadamente doce meses después (97), si no lo hacen se podría considerar como otra complicación de la técnica.

Las complicaciones principales en éste período son las consolidaciones anómalas y la pseudoartrosis, además del edema crónico y las fracturas por fatiga.

Con la mejora de los métodos de fijación, también ha aumentado el porcentaje de consolidaciones. Sin embargo, la falta de unión en el foco de artrodesis sigue siendo una de las complicaciones más frecuentes. La falta de consolidación se aprecia radiográficamente y se diagnostica clínicamente por el dolor persistente, en la región del tobillo.

El dolor de la pseudoartrosis se localiza en el mismo foco de la artrodesis; el dolor por la malposición se localiza en el borde lateral del pie si la artrodesis está en un varo excesivo, o en el borde medial si se encuentra en valgo; también se ven callosidades; mientras que el dolor por las fracturas de fatiga se localizan proximales al foco de la artrodesis. El TAC es una prueba definitiva para su diagnóstico y el tratamiento consistirá en reducir la demanda funcional.

Entre los factores que determinan una pseudoartrosis, el principal es, sin lugar a dudas, la infección prequirúrgica (91), pero también hay que considerar la neuropatía sensitiva (112,252) y la necrosis avascular del astrágalo (43).

Hay que considerar las fracturas por fatiga entre el diagnóstico diferencial de dolor tras meses o incluso años después de una artrodesis de tobillo consolidada (253) y se producen por el aumento de las fuerzas con un brazo de palanca más largo, por tener un pie más rígido asociado a un hueso menos resistente por la cirugía e inmovilización; la pérdida del mecanismo de amortiguación, dado por la articulación del tobillo, con cada golpe de talón; la osteopenia; las alteraciones del patrón de la marcha por una malposición del pie y, casi siempre, una disminución de la densidad ósea de la parte distal de la tibia en comparación con el astrágalo.

Por último, las complicaciones a largo plazo son la artrosis de las articulaciones vecinas. Coester et al. (93), en un estudio a largo plazo, demostraron que tras un seguimiento medio de veintidos años después de la artrodesis de tobillo, todos los pacientes desarrollan signos radiográficos de artrosis en las articulaciones vecinas por el incremento de las demandas funcionales que aumentan la movilidad anormal y la sobrecarga crónica. Las articulaciones más afectadas son la subastragalina, la astrágalo - escafoidea, la tarso-metatarsiana, la escafo-cuneiforme, la calcáneo-cuboidea y la primera articulación metatarso-falángica. Aunque se ha encontrado una relación entre la función del pie y el grado de degeneración radiográfica, no se ha podido relacionar éstos con el dolor.

Cuando los síntomas son importantes, no se alivian con soportes externos y hay que recurrir a la artrodesis de las articulaciones afectadas (155,235). Por otro lado, Sheridan et al, (123) creen que los estudios publicados pasan por alto la presencia de cambios artrosicos, en éstas articulaciones, previo a la cirugía. No es un efecto a largo plazo de la artrodesis, sino que puede tener un origen predeterminado y multifactorial. Entre 71 tobillos artrodesados, 68 presentaron cambios artrósicos preexistentes, según la clasificación de Kellgren y Lawrence, en el retro- o mediopié, siendo la articulación subastragalina la que se ve más afectada (254).

Los estudios de la marcha sugieren que hay un incremento en la movilidad de las pequeñas articulaciones del pie tras realizar una artrodesis (115) mientras que en la imagen radiográfica (230) no se han encontrado diferencias significativas entre el pie intervenido y el contralateral.

Si se acepta que existe un aumento de movilidad para compensar la artrodesis, es igualmente posible aceptar que, en algunos casos, la biomecánica está alterada previa a la realización de la artrodesis como consecuencia de la artrosis de tobillo o secundaria a la patología que causó la degeneración del tobillo. No es descabellado pensar que el tiempo transcurrido entre la fractura y la artrodesis provoca una alteración de la marcha y del apoyo del pie contralateral (205). En nuestro estudio nos ha llamado la atención la similitud de la cinética de los apoyos de ambos pies así como las alteraciones en las presiones del pie contralateral. Aunque la población es pequeña no hemos encontrado diferencias estadísticas entre el pie artrodesado y el sano, a excepción del momento de cambio de la propulsión, con el apoyo del talón, a la retropulsión con el despegue del pie.

La longitud de la pierna se ve frecuentemente afectada con el intento de conseguir una unión sólida y debido a los largos períodos de inmovilización, se asocia con atrofia muscular. Las artrodesis de tobillo producen acortamientos de hasta 2,5 cm en la extremidad intervenida que son bien tolerados por los pacientes mediante el uso de alzas (255, 256). Si el acortamiento es superior a 3 cm, el tratamiento de elección será quirúrgico (226).

### [Prótesis de tobillo, ¿una alternativa a la artrodesis postraumática?](#)

Después de lo que hemos presentado cabe preguntarse si todavía está indicada una artrodesis de tobillo o se debe indicar directamente una prótesis de tobillo, sobre todo una vez se han superado los diseños iniciales y se cuenta con mayor experiencia. En los últimos tiempos ha despertado el interés por comparar pacientes artrodesados con aquellos portadores de una prótesis de tobillo. Es un estudio de interés pero que

carece de sentido para conocer cual es la mejor técnica. Son dos técnicas quirúrgicas muy distintas con indicaciones también muy diferentes. La prótesis de tobillo produce una fase de apoyo más cercana a la normalidad y, por supuesto, el grupo de pacientes tratado con una prótesis tiene mayor rango de movimiento en el tobillo. Sin embargo, en pacientes con artrosis de las articulaciones vecinas, destrucción, mayores o sedentarios, la prótesis de tobillo sea una mejor opción frente a la artrodesis.

A principio de los años 70 y con la finalidad de dar alternativas a la artrodesis, Buchholz (257) y Lord y Marotte (258) diseñaron e implantaron la primera prótesis de tobillo. Tras la publicación de sus muy optimistas resultados tras las primeras revisiones, fueron posteriormente tornándose, lo que obligó al cambio en el diseño de las prótesis. Así, la primera generación de implantes cementados, constreñidos y no constreñidos, fallaban frecuentemente, por un mal diseño, por aflojamiento y por inestabilidad.

La segunda generación de prótesis, a partir de los años 1995-2000, presentaba numerosas modificaciones, incluyendo un modelo sin cementación semiconstreñido de tres componentes y diseños móviles y fijos, con resultados más satisfactorios e índices de revisión - artrodesis, por fracaso a más largo plazo (259).

Las técnicas de implantación habían cambiado sustancialmente, procurando una mínima resección ósea y los modelos disponían de un elemento intermedio móvil.

La mayoría de las artrodesis de tobillo mejoran la sintomatología dolorosa y de apoyo en poco tiempo (260,261). Sin embargo, muchos estudios han demostrado problemas a corto y largo plazo (96,252) asociado a actividades como es el subir escaleras, levantarse de una silla, caminar sobre terreno irregular y correr. El nivel de satisfacción por parte del paciente obtenido ha sido poco satisfactorio ya que precisan ayudas para caminar o la modificación del calzado de forma permanente (115,196,200). Sin embargo, también se han publicado, tras una prótesis

de tobillo, cambios degenerativos en las articulaciones vecinas (93,115,200,253).

Un paciente joven al que se realiza una artrodesis de tobillo tiene muchas posibilidades de desarrollar artrosis en el retropié en los próximos veinte años, que puede obligar a realizar otras artrodesis adicionales (93) hasta convertirse en una panartrodesis, aumentando sus limitaciones y la morbilidad asociada. Para evitarlo se ha propuesto transformar las artrodesis en prótesis.

La conversión de una artrodesis en prótesis está indicada en pacientes con una artrodesis de tobillo sintomática, con o sin defecto de consolidación, y en ausencia de infección. Esta reservada para pacientes con suficiente reserva ósea para poder afrontar una artroplastia y permitir su fijación (262). Los primeros en realizarlo fueron Greisberg et al (122), quienes en un estudio retrospectivo, mediante una prótesis semiconstreñida con dos componentes, encontraron una progresiva báscula del componente astragalino dentro de la mortaja y el hundimiento de los implantes que se explicaron por el tipo de diseño de la prótesis. Establecieron que los tobillo con una resección del maleolo peroneo era una contraindicación relativa para transformarlo en prótesis. Geisberg et al (122) en su serie de 23 pacientes sometidos a este tipo de intervención, mostraron índices mayores de satisfacción tras la conversión a artroplastia total de tobillo. Resultados similares obtuvieron Barg y Hintermann (262) en una serie de 29 pacientes. Los factores determinantes para el éxito de ésta intervención (prótesis con 3 componentes) se basan en la estabilidad intrínseca en el plano coronal aportada por los implantes y el uso de implantes más anchos a nivel del astrágalo. A pesar de ello tuvieron un 7% de aflojamientos en su serie.

Sin embargo, es muy difícil determinar, durante la cirugía, el centro de rotación original de la articulación tibio-astragalina artrodesada. En una prótesis con dos componentes, tipo Agility® (263), el cirujano debe determinar el eje de rotación en éste “nuevo tobillo”, mientras que en un diseño con tres componentes, tipo Hintegra®, la tensión de las partes blandas lo podrían hacer.



La mejora de los diseños de las prótesis totales de tobillo son hoy una alternativa a las artrodesis de tobillo por causa degenerativa. La movilidad propia de las prótesis mejora la función y conduce a la reducción del desarrollo de los cambios degenerativos en las articulaciones vecinas (264). Los índices de revisión y reintervenciones tras una prótesis de tobillo son relativamente mayores a las de las prótesis en otras articulaciones (265) y, por lo tanto, los beneficios claros sobre la artrodesis están, todavía, sin demostrar (266). Algunos autores (265-268) sostienen que las deformaciones preoperatorias del retropié son una contraindicación para una prótesis de tobillo por el riesgo de producir una sobrecarga sobre el borde de la prótesis, el llamado “*edge loading*”, que es la consecuencia de muchos recambios.

Los pacientes con problemas en la prótesis de tobillo muestran una inestabilidad articular, especialmente cuando las deformidades son superiores a 20°. Doets et al, (267) señalan que pacientes con deformidades del retropié mayores de 10° presentan un mayor índice de fracasos. Sin embargo, según Hobson et al (268) una deformidad, antes de la cirugía, en el retropié de hasta 30° no tienen mayor riesgo de fallo, complicaciones o efectos adversos en la prótesis de tobillo, si lo comparamos con los pacientes que presentan una alineación neutra y un retropié estable.

Las indicaciones para efectuar una prótesis de entrada serían la artrosis bilateral, las alteraciones o rigideces de las articulaciones vecinas, la edad, el peso y las actividades apropiadas, un buen rango de movilidad y de alineamiento y soporte y la necesidad de ofrecer flexibilidad a la articulación del tobillo (269).

Los índices de supervivencia, a 5 años, de la prótesis semi-constreñida tipo Agility® (DePuy Orthopaedics Ltd, Warsaw, IN, EEUU) está entre el 80% y el 95% (268,270), para la prótesis de Buechel-Pappas® (Endotech, South Orange, NJ, EEUU) entre el 79% y el 90% (267,269) y para el modelo Star®, entre el 70% y el 92,7% (20,270-274). En un meta-análisis se acota un índice de supervivencia del 78% para las prótesis de tobillo, en general (275). Algunos estudios han señalado la

edad (265) y las artropatías inflamatorias (276) relacionadas con menor índice de fracasos.

Son muchos los autores quienes reflejan buenos y excelentes resultados tras una prótesis de tobillo, especialmente con los últimos diseños (167). Por su parte, Valderrabano et al (277) refieren resultados clínicos excelentes o buenos en 67 de 68 prótesis después de 4 años y San Giovanni et al (278) informan de una supervivencia del 93%, ocho años tras la cirugía. Las nuevas prótesis de tobillo con 2 y 3 componentes, intentan reproducir la función y biomecánica normal del tobillo, la estabilidad fisiológica de los ligamentos y la correcta alineación anatómica. Las más recientes incorporan superficies porosas y anatómicas que favorecen la fijación biológica y reducen la necesidad de resección ósea para su implante (145).

Autores como Piriou et al (100) vieron que los pacientes con una artrodesis podían caminar más rápido con un paso mucho más largo en el pie afectado que los pacientes con una prótesis de tobillo. El movimiento observado en los tobillos artrodesados son fruto de la movilidad de las articulaciones vecinas. Además, encontraron en el grupo control una mayor flexión de la rodilla que los pacientes artodesados o con prótesis.

Kofoed et al (279) comparando su serie de artrodesis de tobillo y prótesis vieron que un tercio de los 14 pacientes artrodesados, con un seguimiento de 7 años, presentaron una artrosis subastragalina, cosa que no vieron en ninguno de los 14 pacientes a los que se le realizó artroplastia.

Wood et al (269) compararon dos prótesis de tobillo clínicamente, la Buechel - Pappas (BP) y la Scandinavian Total Ankle Replacement (STAR), dos diseños móviles. Encontraron una gran incidencia de fallos en los tobillos que estaban en varo o valgo antes de la intervención, especialmente en aquellos casos que la deformidad era superior a 15°, llegando a porcentajes de fracaso del 10% en la prótesis tipo Star® y de un 25% en la BP®. Cuando hay una deformidad hay una sobrecarga en los bordes de la prótesis aumentando la presión sobre el polietileno y se produce un desgaste rápido. En este estudio, la supervivencia de las

prótesis, a los 6 años, fue similar a otros estudios reflejados en la literatura de un 86,5% en el grupo en conjunto de ambas prótesis. Sin embargo, cuando la deformidad era inferior a 15° la supervivencia era del 90,6%, a los 6 años, para el conjunto de las prótesis, 86,7% para las prótesis BP® y 95,6% para las Star®.

Según Soo-Ho et al (264) los pacientes con una prótesis de tobillo tiene menor riesgo de presentar artrosis subastragalina pero tienen mayor riesgo de sufrir cirugía de revisión e infecciones. En un meta-análisis de trabajos publicados entre 1990 y 2005 (266), se evaluaron 10 artículos, con 852 pacientes con prótesis, y 39 artículos con 1.262 pacientes con artrodesis de tobillo, encontrando un 1% artrosis radiográfica en pacientes con prótesis y un 5% en las artrodesis.

En el estudio efectuado por Demottaz et al, (211), sobre 21 prótesis de tobillo, en 19 pacientes vieron que todos volvieron a su puesto de trabajo habitual, salvo uno y no modificaron su actividad deportiva, la conducción de automóviles, el tipo de calzado ni la posibilidad de caminar descalzo, pasando de una movilidad del tobillo pasiva de 22° preoperatorios a 30° en el postoperatorio. Sin embargo, todos presentaron debilidad muscular tras la prótesis de tobillo (211,280), con atrofia del perímetro de la pantorrilla de un centímetro, comparada con el lado sano. Esto activa dos mecanismos de compensación. Por un lado, establece un patrón de marcha anormal en el lado contralateral, similar al que se realiza con la prótesis, de ésta manera se puede caminar de una forma más suave y simétrica. El segundo mecanismo es una mayor actividad de la musculatura de la pierna (281-283). Se encuentran patrones de marcha normales en la rodilla y la cadera en ambos miembros inferiores, con una actividad EMG prolongada en los músculos glúteo mayor, cuádriceps y, también, adductores.

Por otro lado, en los portadores de prótesis de tobillo hay una ausencia del despegue claro con el primer dedo, causado por la debilidad de los gemelos que se compensa con la musculatura adductora que aumenta su actividad para mantener la flexión de la rodilla y la falta de apoyo del pie. Este mecanismo proporciona menos energía cinética de

avance en el miembro inferior y, por lo tanto, disminuye la longitud del paso, cadencia y velocidad (284). Los pacientes con una prótesis de tobillo caminan con una velocidad menor que los pacientes normales o con artrodesis de tobillo. Y es que las prótesis de tobillo, siguen teniendo un reto que no tienen las prótesis de cadera o de rodilla, debido a las limitaciones del brazo de palanca óseo, el tamaño del astrágalo y las grandes fuerzas de compresión a través del tobillo (271).

## CONCLUSIONES



Todos los pacientes estudiados presentaron una incapacidad funcional; sin embargo, llevan una vida prácticamente normal. El 75% de los pacientes cambiaron su puesto de trabajo por otro distinto, con una menor demanda funcional.

La valoración de calidad de vida arroja unos resultados pobres (SF36), especialmente en lo referente a las subescalas de función física, rol físico y rol emocional; por otro lado, las escalas funcionales muestran unos resultados buenos y regulares en el 80% de todos los pacientes analizados.

Las complicaciones precoces son infrecuentes, pero la mayoría de los pacientes presentan dolor transcurrido un tiempo largo de evolución.

La utilización de muletas y el dolor subjetivo se correlaciona con el ángulo de fusión en el plano sagital cuando es mayor o igual a 95° y con el ángulo varo del talón.

El estudio de la marcha en pacientes artrodesados sugiere que la mayor alteración de los parámetros de la marcha se observan en el retro y mediopie.

- Los pacientes caminan con un patrón de talón a dedos.
- Hay una disminución de la transición ántero-posterior.
- Comparado con el pie sano, el tobillo artrodesado presenta mayor fase oscilante y menor fase de apoyo. Tampoco encontramos diferencias estadísticamente significativas respecto a la cadencia.
- No solo hay una mayor movilidad de las articulaciones vecinas, también el pie sano se adapta a las condiciones mecánicas del pie intervenido.
- El resto de las articulaciones de la extremidad inferior estudiadas no presentaron modificaciones en su patrón biomecánico.





## BIBLIOGRAFÍA



1. Pagenstert G, Leumann A, Hintermann B, Valderrabano V. Sports and recreation activity of varus and valgus ankle osteoarthritis before and after realignment surgery. *Foot Ankle Int* 2008; 29:985-93.
2. Sánchez Gómez P, Salinas Gilabert JE, Lajara Marco F, Lozano Requena JA. Artrodesis tibio-astragalo-calcánea con clavo intramedular retrógrado. *Rev esp cir ortop traumatol* 2010; 54:50-8.
3. Sanchís Olmos, V: Nueva técnica de artrodesis, compresión de tobillo. *Acta Ortp Trauma, IB.* 1953; 1:118-23.
4. Vaquero Gonzalez, F: Indicaciones actuales de las artrodesis en los miembros. Ponencia del XII Congreso Nacional de la Sociedad Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología, 1978.
5. Charnley J, Iowse HG. Compression arthrodesis of the ankle. *J Bone Joint Surg (Br).* 1959; 41-B:524-32.
6. Pickering RM. Artrodesis de tobillo, rodilla y cadera. En: Canale ST, Beaty JH (eds). *Campbell. Cirugía ortopédica. I*, 11ª ed, Barcelona: Elsevier, 2010. pp: 163-207.
7. Abidi NA, Gruen GS, Conti SF. Ankle Arthrodesis: Indications and techniques. *J Am Acad Orthop Surg* 2009; 8:200-9.
8. Horisberger M, Valderrabano V, Hintermann B. Posttraumatic ankle osteoarthritis after ankle-related fractures. *J Orthop Trauma* 2009; 23:60-7.
9. Thomas F. Arthrodesis of the ankle. *J Bone Joint Surg (Br)* 1969; 51-B:53-9.
10. Hanson T, Cracchiolo AR. The use of a 95 degree blade plate and a posterior approach to achieve tibiotalar calcaneal arthrodesis. *Foot Ankle Int* 2002; 23:704-10.
11. Plaass C, Knupp M, Barg A, Hintermann B. Anterior double plating for rigid fixation of isolated tibiotalar arthrodesis. *Foot Ankle Int* 2009; 30:631-9.
12. Mann RA. *Cirugía del pie*. 5ª ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 1987.
13. Mann RA, Van Manen JW, Wapner K, Martin J. Ankle fusion. *Clin Orthop Relat Res* 1991; 268:49-55.
14. Mann R, Chou L. Tibiocalcaneal arthrodesis. *Foot Ankle Int* 1995; 16:401-5.
15. Mann R, Rongstad K. Arthrodesis of the ankle: a critical analysis. *Foot Ankle Int* 1998; 19:3-9.
16. Pijnenberg CM, Van Dijk CN, Bossuyt PM, Marti RK. Treatment of ruptures of the lateral ankle ligaments: a meta-analysis. *J Bone Joint Surg (Am)* 2000; 82-A:761-73.

17. Hallock H. Arthrodesis of the ankle for old painful fractures. *J Bone Joint Surg (Am)* 1945; 27-A:49-58.
18. Kitaoka HB, Anderson PJ, Morrey BF. Revision of ankle arthrodesis with external fixation for non-union. *J Bone Joint Surg (Am)* 1992; 74-A: 1191-200.
19. Marx RC, Mizel MS. What's new in foot and ankle surgery. *J Bone Joint Surg (Am)* 2009; 91-A:1023-31.
20. Wu W, Su F, Cheng Y, Chou Y. Potential of the genetic algorithm neural network in the assessment of gait patterns in ankle arthrodesis. *Ann Biomed Eng.* 2001; 29:83-91.
21. Felson DT. The epidemiology of knee osteoarthritis: results from the Framingham Osteoarthritis Study. *Semin Arthritis Rheum* 1990; 20(Suppl 1): 42-50.
22. Marco Sanz C. Marcha patológica. *Revista del pie y tobillo.* 2003; XVII:1-7.
23. Joseph RM. Osteoarthritis of the ankle: bridging concepts in basic science with clinical care. *Clin Podiatr Med Surg* 2009; 26:169-84.
24. Kozanek M, Rubash HE, Li G, de Asla RJ. Effect of post-traumatic tibiotalar osteoarthritis on kinematics of the ankle joint complex. *Foot Ankle Int* 2009; 30:734-40.
25. Tochigy Y, Rudert MJ, Saltzman CL, Amendola A, Brown TD. Contribution of articular surface geometry to ankle stabilization. *J Bone Joint Surg (Am)* 2006; 88-A:2704-13.
26. Kimizuka M, Kurosawa H, Fukubayashi T. Load bearing patterns of the ankle joint. *Arch Orthop Traumat Surg* 1980; 96:45-9.
27. Weber BG. Lesiones traumáticas de la articulación del tobillo. Barcelona: Ed Científico Médica, 1982.
28. Phillips RD, Christeck R, Phillips RL. Clinical measurement of the axis of the subtalar joint. *J Am Podiatr Med Assoc* 1985; 75:119-31.
29. Morris JM. Biomechanics of foot and ankle. *Clin Orthop Relat Res* 1977; 122:10-7.
30. Hicks JH: The mechanics of the foot I. The joints. *J Anat.* 1953; 87:345-57.
31. Close JR. Some applications of the functional anatomy of the ankle joint. *J Bone Joint Surg (Am)*; 1956:761-72.
32. Giannestras NJ. Trastornos del pie. Barcelona: Salvat, 1979.
33. Lunberg A, Svenson OK, Nermeth G, Sellvik G. The axis of rotation of the ankle joint. *J Bone Joint Surg (Br)* 1989; 71-B:94-9

34. Lunberg A, Svenson OK, Bylund C, Sellvik G. Kinematics of the ankle/foot complex: Part 3. Influence of leg rotation. *Foot Ankle*. 1989; 9:304-9.
35. Lunberg A, Svenson OK, Bylund C. Kinematics of the ankle/foot complex: Part 2. Pronation and supination. *Foot Ankle*. 1993; 13:3-65.
36. Lambert KL. The weight-bearing function of the fibula. *J Bone Joint Surg (Am)* 1971; 53-A:507-13.
37. Barnett CH, Napier JR. The axis of rotation at the ankle joint in man; its influence upon the form of the talus and the mobility of the fibula. *J Anat* 1952; 86:1-9.
38. Lewis GS, Cohen TL, Seisler AR, Kirby KA, Sheehan FT, Piazza SJ. In vivo tests of an improved method for functional location of the subtalar joint axis. *J Biomech* 2009; 42:146-51.
39. Bozkurt M, Doral MN. Anatomic factors and biomechanics in ankle instability. *Foot Ankle Clin* 2006; 11:451-63.
40. Viladot Voegeli A. Lecciones básicas de la biomecánica del aparato locomotor. Barcelona: Masson, 2004.
41. Inman VT, Ralston HJ, Todd F. Human walking. Baltimore: Williams & Wilkins, 1981.
42. Mikandawire C, Ledoux WR, Sangeorzan BJ, Ching RP. Foot and ankle ligament morphometry. *J Rehabil Res Dev* 2005; 42:809-20.
43. Frey C, Halikus NM, Vu-Rose T, Ebrahimzadeh E. A review of ankle arthrodesis: predisposing factors to nonunion. *Foot Ankle Int* 1994; 15:581-4.
44. Piazza SJ. Mechanics of the subtalar joint and its function during walking. *Foot Ankle Clin* 2005; 10:425-42.
45. Trew M, Everett T. Human movement. 4<sup>a</sup> ed, London: Churchill Livingstone.
46. Nilsson J, Thorstensson A. Ground reaction forces at different speeds of human walking and running. *Acta Physiol Scand* 1989; 136:217-27.
47. Chambers H., Sutherland D.: A practical guide to gait analysis. *J Am Acad Orthop Surg* 2002; 10:222-31.
48. Provelengios S, Papavasiliou K, Kyrkos M, Kirkos J, Kapetanios G. The role of pantalar arthrodesis in the treatment of paralytic foot deformities. A long-term follow-up study. *J Bone Joint Surg (Am)* 2009; 91-A:575-83.
49. Waters RL, Barnes G, Husserl T. Comparable energy expenditure after arthrodesis of the hip and ankle. *J Bone Joint Surg (Am)* 1988; 70-A: 1032-7.

50. Easley ME, Trnka HJ, Schon LC, Myerson MS. Isolated subtalar arthrodesis. *J Bone Joint Surg (Am)* 2000; 82-A:613-24.
51. Olerud C, Molander H. A scoring scale for symptom evaluation after ankle fracture. *Arch Orthop Trauma Surg* 1984; 103:190-4.
52. Plas F, Viel E, Blanc Y. *La marcha humana*. Barcelona: Masson SA, 1984.
53. Harmon KG. The ankle examination. *Prim Care* 2004; 31:1025-37.
54. Valderrabano V, Hintermann B, Nigg BM. Kinematic changes after fusion and total replacement of the ankle. Part 1: Range of motion. *Foot Ankle Int* 2003; 24:881-7.
55. Valderrabano V, Hintermann B, Nigg BM. Kinematic changes after fusion and total replacement of the ankle. Part 2: Movement transfer. *Foot Ankle Int* 2003; 24:888-96.
56. Valderrabano V, Hintermann B, Nigg BM. Kinematic changes after fusion and total replacement of the ankle. Part 3: Talar movement. *Foot Ankle Int* 2003; 24:897-96.
57. Stauffer R, Chae E, Brewster R. Force and motion analysis of the normal, diseased and prosthetic ankle joint. *Clin Orthop Relat Res*. 1977; 127:189-96.
58. Burdett RG. Force predicted at the ankle during running. *Med Sci Sports Exerc*. 1982; 14:308-16.
59. Cavanagh PR, Rodgers MM, Liboshi A. Pressure distribution under symptom-free feet during barefoot standing. *Foot Ankle*. 1987; 7:262-76.
60. Hayes JT, Groos HP, Dow S. Surgery for paralytic defects secondary to myelomeningocele and myelodysplasia. *J Bone Joint Surg (Am)* 1964; 46-A:1577-97.
61. Soames RW. Foot pressure patterns during gait. *J Biomed Eng*. 1985; 7:120-6.
62. Daniels TR, Parker K. Gait analysis and functional outcomes following ankle arthrodesis for isolated ankle arthritis. *J Bone Joint Surg (Am)* 2006; 88:526-35.
63. Nuber GW. Biomechanics of the foot and ankle during gait. *Clin Podiatr Med Surg* 1989; 6:615-27.
64. Vanderpool M, Collins S. Ankle fixation need not increase the energetic cost of human walking. *Gait & Posture* 2008; 28:427-33.
65. Richter D, Hahn MP, Laun RA, Ekkernkamp A, Muhr, Ostermann PA. Arthrodesis of the infected ankle and subtalar joint: technique, indications, and, results of 45 consecutive cases. *J Trauma* 1999; 47:1072-8.

66. Thordason DB, Patzakis MJ, Holtom P, Sherman R. Salvage of septic ankle with concomital tibial osteomyelitis. *Foot Ankle Int* 1997; 18:151-6.
67. Zabalaga Céspedes F. Artrodesis de tobillo. *Rev Boliviana Ortopedia y Traumatologia AÑO*; 17:28-35.
68. Losch A, Meybohm P, Schmalz T, Fuchs M, Vamvukakis F, Dresing K, et al. Funktionelle Ergebnisse bei Freizeitsportlern in der dynamischen Ganganalyse 1 Jahr nach operativ versorgten Sprunggelenkfrakturen. *Sportverletz Sportschaden* 2002; 16:101-7.
69. Kluesner AJ, Wukich DK. Ankle arthrodiastasis. *Clin Podiatr Med Surg* 2009; 26:227-44.
70. Monteagudo de la Rosa M, Villardefrancos Gil S. Artrodesis frente a artroplastia en el tobillo traumático. Indicaciones. *MG Medical* 2007; 15:119-24.
71. Kitaoka HB, Patzer GL. Clinical results of the Mayo total ankle arthroplasty. *J Bone Joint Surg (Am)* 1996; 78-A:1658-64.
72. Bozic V, Thordason DB, Hertz J. Ankle fusion for definitive management of non- reconstructable pilon fractures. *Foot Ankle Int* 2008; 29:914-8.
73. Briggs P, Stainsby G. The Thomas method of ankle arthrodesis: 2 to 20 year follow-up. *Foot* 1997; 7:14-8.
74. Ferkel R, Hewitt M. Long-term results of arthroscopic ankle arthrodesis. *Foot Ankle Int* 2005; 26:275-80.
75. Knupp M, Schuh R, Stufkens S, Bolliger L, Hintermann B. Subtalar and talonavicular arthrodesis through a single medial approach for the correction of severe planovalgus deformity. *J Bone Joint Surg (Br)* 2009; 91-B:612-5.
76. Anderson JG, Coetzee JC, Hansen ST. Revision ankle fusion using internal compression arthrodesis with screw fixation. *Foot Ankle Int* 1997; 18:300-9.
77. Holt ES, Hansen ST, Mayo KA. Ankle arthrodesis using internal screw fixation. *Clin Orthp Relat Res* 1991; 268:21-8.
78. Stewart MJ, Beeler TC, McConnell JC. Compression arthrodesis of the ankle. Evaluation of a cosmetic modification. *J Bone Joint Surg (Am)* 1983; 65-A: 219-25.
79. Friedman RL, Glisson RR, Nunley JA. A biomechanical comparative analysis of two techniques for tibiotalar arthrodesis. *Foot Ankle Int* 1994; 15:301-5.
80. Ogilvie-Harris DJ, Lieberman I, Fitsialos D. Arthroscopically assisted arthrodesis for osteoarthrotic ankles. *J Bone Joint Surg (Am)* 1993; 75-A: 1167-74.

81. Brown KD, Seligson D. An optimal technique for ankle arthrodesis. *J Foot Ankle Surg* 2004; 43:64-6.
82. Alonso-Vázquez A, Lauge-Pedersen H, Lidgren L, Taylor M. The effect of bone quality on the stability of ankle arthrodesis. A finite element study. *Foot Ankle Int.* 2004; 25:840-50.
83. Kiene J, Cabrera-Palacios H. Results of ankle joint arthrodesis by triangular external fixation for posttraumatic arthrosis. *Injury(suppl)* 2009; 40:224-34.
84. Rochman R, Jackson Hutson J, Alade O. Tibiocalcaneal arthrodesis using the Ilizarov technique in the presence of bone loss and infection of the talus. *Foot Ankle Int* 2008; 29:1001-8.
85. Thordarson DB, Markolf KL, Cracchiolo A. External fixation in arthrodesis of the ankle. *J Bone Joint Surg (Am)* 1994; 76-A: 1541-4.
86. Kolling E, Esenwein SA, Muhr G, Kutscha-Lissberg. Fusion of the septic ankle: experience with 15 cases using hybrid external fixation. *J Trauma* 2003; 55:685-91.
87. Moeckel B, Patterson B, Inglis A, Sculco T. Ankle arthrodesis. A comparison of internal and external fixation. *Clin Orthop Relat Res* 1991; 268:78-83.
88. Ogut T, Glisson RR, Chuckpaiwong B, Le IL, Easley ME. External ring fixation versus screw fixation for ankle arthrodesis: A biomechanical comparison. *Foot&Ankle Int* 2009; 30:353-60.
89. Saltzman CL. Salvage of diffuse ankle osteomyelitis by single-stage resection and circumferential frame compression arthrodesis. *Iowa Orthop J* 2005; 25:47-52.
90. Helm R. The results of ankle arthrodesis. *J Bone Joint Surg (Br)* 1990; 72-B: 141-3.
91. Cierny G, Cook WG, Mader JT. Ankle arthrodesis in the presence of ongoing sepsis. Indications, methods, and results. *Orthop Clin North Am* 1989; 20:709-21.
92. Cobb TK, Gabrielsen TA, Campbell DC, Wallrichs SL, Ilstrup DM. Cigarette smoking and nonunion after ankle arthrodesis. *Foot Ankle Int* 1994; 15:64-7.
93. Coester L, Saltzman C, Leupold J, Pontarelli W. Long-term results following ankle arthrodesis for post-traumatic arthritis. *J Bone Joint Surg (Am)* 2001; 83-A:219-28.
94. Cooper PS. Complications of ankle and tibiotalocalcaneal arthrodesis. *Clin Orthop Relat Res* 2001; 391:33-44.



95. Collman DR, Kaas MH, Schuberth JM. Arthroscopic ankle arthrodesis: factors influencing in 39 consecutive patients. *Foot Ankle Int* 2006; 27:1079-85.
96. Morrey B, Wiedeman GJ. Complications and long-term results of ankle arthrodeses following trauma. *J Bone Joint Surg (Am)*. 1980; 62-A:777-84.
97. Morgan CD, Henke JA, Bailey RW. Long-term results of tibiotalar arthrodesis. *J Bone Joint Surg (Am)* 1985; 67-A:546-50.
98. Muir CD, Amendola A, Saltzman CL. Long-term outcome of ankle arthrodesis. *Foot Ankle Clin* 2002; 7:703-8.
99. Gentchos C, Bohay D, Anderson J. Technique tip: a simple method for ankle arthrodesis using solid screws. *Foot Ankle Int* 2009; 30:380-3.
100. Piriou P, Culpan P, Mullins M, Cardon J, Pozzi D, Judet T. Ankle replacement versus arthrodesis: a comparative gait analysis study. *Foot Ankle Int* 2008; 29:3-9.
101. Sowa DT, Krackow KA. Ankle fusion: a new technique of internal fixation using a compression blade plate. *Foot Ankle* 1989; 9:232-40.
102. Nasson S, Shuff C. Biomechanical comparison of ankle arthrodesis techniques: crossed screws vs. blade plate. *Foot Ankle Int* 2001; 22:575-80.
103. Horisberger M, Hintermann B, Valderrabano V. Alterations of plantar pressure distribution in posttraumatic end-stage ankle osteoarthritis. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2009; 24:303-7.
104. King HA, Watkins TB, Samuelson KM. Analysis of foot position in ankle arthrodesis and its influence on gait. *Foot Ankle* 1980; 1:44-9.
105. Schneider D. Arthroscopic ankle fusion. *Arth Video J*. 1983; 3.
106. Myerson MS, Quill G. Ankle arthrodesis. A comparison of an arthroscopic and an open method of treatment. *Clin Orthop Relat Res* 1991; 268:84-95.
107. O'Brien TS, Hart TS, Shereff MJ, Stone J, Johnson J. Open versus arthroscopic arthrodesis: a comparative study. *Foot Ankle Int* 1999; 20:368-74.
108. Serfaty JC, Otero E, Marcello P. Artrodesis de tobillo asistida por artroscopia. A propósito de un caso de artrodesis artroscópica TPA y artrodesis subastragalina. *MC Medical* 2008; 16:120-2.
109. Mauterer RC, Cimino WR, Cox CV, Satow GK. Transarticular cross-screw fixation: a technique of ankle arthrodesis. *Clin Orthop Relat Res*. 1991; 268:56-69.
110. Barr JS, Record EE. Arthrodesis of the ankle joint indications, operative technic and clinical experience. *N Engl J Med*. 1953; 248:53-6.

111. Knight MJ. Ligamentous injuries of the ankle. *Am Fam Physician* 1981; 23:23-6.
112. Ratliff AH: Compression arthrodesis of the ankle. *J Bone Joint Surg (Br)* 1959; 41-B:524-34.
113. Watson Jones R. Fractures and joint injuries. Edimburgh, Livingstone ed. 1966.
114. Buck P, Morrey B, Chao E. The optimum position of arthrodesis of the ankle. A gait study of the knee and ankle. *J Bone Joint Surg (Am)*. 1987; 69-A: 1052-62.
115. Mazur JM, Schwartz E, Simon SR. Ankle arthrodesis. Long term follow-up with gait analysis. *J Bone Joint Surg (Am)* 1979; 61-A:964-75.
116. Chao EY, Neluheni EV, Hsu RW, Paley D. Biomechanics of malalignment. *Orthop Clin North Am* 1994; 25:379-86.
117. Easley ME, Montijo HE, Wilson JB, Fitch RD, Nunley JA. Revision tibiotalar arthrodesis. *J Bone Joint Surg (Am)* 2008; 90-A:1212-23.
118. Midis N, Conti SF. Revision ankle arthrodesis. *Foot Ankle Int* 2002; 23:243-7.
119. Raikin S. M., Rampuri V. An approach to the failed ankle arthrodesis. Thomas Jefferson University, 2008.
120. Herrera JM. Artroplastia de tobillo: estado del arte. Parte I. *Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología* 2008; 22:247-60.
121. Neufeld SK, Lee TH. Total ankle arthroplasty: indications, results, and biomechanical rationale. *Am J Orthop* 2000; 29:593-602.
122. Greisberg J, Assal M, Flueckiger G, Hansen ST. Takedown of ankle fusion and conversion to total ankle replacement. *Clin Orthop Relat Res* 2004; 424:80-8.
123. Sheridan B, Robinson D, Hubble M, Winson I. Ankle arthrodesis and its relationship to ipsilateral arthritis of the hind- and mid-foot. *J Bone Joint Surg (Br)*. 2006; 88-B:206-7.
124. Lynch A, Bourne R, Rorabeck C. The long-term results of ankle arthrodesis. *J Bone Joint Surg (Br)* 1988; 70-B:113-6.
125. Aaron A. Ankle fusion: a retrospective review. *Orthopedics* 1990; 13:1249-54.
126. Thomas R, Daniels T, Parker K. Gait analysis and functional outcomes following ankle arthrodesis for isolated ankle arthritis. *J Bone Joint Surg (Am)* 2006; 88-A:526-35.
127. Bertrand M, Charissoux JL, Mabit C, Arnaud JP. Tibio-talar arthrodesis: long term influence on the foot. *Rev Chir Orthop*. 2001; 87:677-84.

128. Levine SE, Myerson MS, Lucas P, Schon LC. Salvage of pseudoarthrosis after tibiotalar arthrodesis. *Foot Ankle Int.* 1997; 18:580-5.
129. Alonso J, Prieto L, Anto JM. La versión española del SF-36 Health Survey (Cuestionario de Salud SF-36): un instrumento para la medida de los resultados clínicos. *Med Clin (Barc)* 1995; 104:771-6.
130. Alonso J, Regidor E, Barrio G, Prieto L, Rodríguez C, de la Fuente L. Valores poblacionales de referencia de la versión española del Cuestionario de Salud SF-36. *Med Clin (Barc)* 1998; 111:410-6.
131. Ayuso-Mateos JL, Lasa L, Vázquez-Barquero JL. Validez interna y externa de la versión española del SF-36. *Med Clin (Barc)* 1999; 113:37.
132. Iraurgi Castillo I, Póo M, Márkez Alonso I. Valoración del índice de salud SF-36 aplicado a usuarios de programas de metadona. Valores de referencia para la comunidad autónoma vasca. *Rev Esp Salud Pública* 2004; 78:609-21.
133. Button G, Pinney S. A meta-analysis of outcome rating scales in foot and ankle surgery: is there a valid, reliable, and responsive system? *Foot Ankle Int.* 2004; 25:521-5.
134. Dawson J, Carr A. Outcomes evaluation in orthopaedics. *J Bone Joint Surg (Br)* 2001; 83-B:313-5.
135. Lugo LH, García HI, Gómez C. Confiabilidad del cuestionario de calidad de vida en salud SF-36 en Medellín, Colombia. *Rev Fac Nac Salud Pública* 2006; 24:37-50.
136. Egol KA, Dolan R, Koval KJ. Functional outcome of surgery for fractures of the ankle. *J Bone Joint Surg (Br)* 2000; 82-B:246-9.
137. Kaikkonen A, Kannus P, Järvinen M. A performance test protocol and scoring scale for the evaluation of ankle injuries. *Am J Sports Med* 1994; 22:462-9.
138. Blauth M, Bastian L, Krettek C, Knop C, Evans S. Surgical options for the treatment of severe tibial pilon fractures: a study of three techniques. *J Orthop Trauma* 2001; 15:153-60.
139. Chou L, Mann R, Yaszay B, Graves S, McPeake W, Dreeben S, et al. Tibiotalocalcaneal arthrodesis. *Foot Ankle Int.* 2000; 21:804-8.
140. Kile T, Donnelly R, Gehrke J, Werner M, Johnson K. Tibiotalocalcaneal arthrodesis with an intramedullary device. *Foot Ankle Int* 1994; 15:669-73.
141. Russotti G, Cass J, Johnson K. Isolated talocalcaneal arthrodesis. A technique using moldable bone graft. *J Bone Joint Surg (Am)* 1988; 70-A: 1472-8.

142. Russotti G, Johnson K, Cass J. Tibiotalocalcaneal arthrodesis for arthritis and deformity of the hind part of the foot. *J Bone Joint Surg (Am)* 1988; 70-A:1304-7.
143. Sánchez Alepuz E, Sánchez González M, Martínez Arribas E. Artrodesis tibiotalocalcánea con clavo retrógrado de reconstrucción. *Rev Ortop Traumatol* 2003; 47:1304-7.
144. Pelton K, Hofer J, Thordarson D. Tibiotalocalcaneal arthrodesis using a dynamically locked retrograde intramedullary nail. *Foot Ankle Int* 2006; 27:759-63.
145. Valderrabano V, von Tscharner V, Nigg B, Hintermann B, Goepfert B, Fung T, et al. Lower leg muscle atrophy in ankle osteoarthritis. *J Orthop Res* 2006; 24:2159-69.
146. Cracchiolo A, Cimino WR, Lian G. Arthrodesis of the ankle in patients who have rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg (Am)* 1992; 74-A:903-9.
147. Culpán P, Le Strat V, Piriou P, Judet T. Arthrodesis after failed total ankle replacement. *J Bone Joint Surg (Br)* 2007; 89-B:1178-83.
148. Alfahd U, Roth S, Stephen D, Whyne C. Biomechanical comparison of intramedullary nail and blade plate fixation for tibiotalocalcaneal arthrodesis. *J Orthop Trauma* 19:703-8.
149. Buchner M, Sabo D. Ankle fusion attributable to posttraumatic arthrosis: a long-term followup of 48 patients. *Clin Orthop Relat Res* 2003; 406:155-64.
150. Monroe MT, Beals TC, Manoli A. Clinical outcome of arthrodesis of the ankle using rigid internal fixation with cancellous screws. *Foot Ankle Int* 1999; 20:227-31.
151. Berson L, McGarvey WC, Clanton TO. Evaluation of compression in intramedullary hindfoot arthrodesis. *Foot Ankle Int* 2002; 23:992-5.
152. Saltzman C, Lighfoot A, Amendola A. PEMF as treatment for delayed healing of foot and ankle arthrodesis. *Foot Ankle Int* 2004; 25:771-3.
153. Chiodo CP, Acevedo JI, Sammarco VJ, Parks BG, Boucher HR, Myerson MS, et al. Intramedullary rod fixation compared with blade-plate-and-screw fixation for tibiotalocalcaneal arthrodesis: a biomechanical investigation. *J Bone Joint Surg (Am)* 2003; 85-A:2425-8.
154. Kopp FJ, Banks MA, Marcus RE. Clinical outcome of tibiotalar arthrodesis utilizing the chevron technique. *Foot Ankle Int* 2004; 25:225-30.
155. Acosta R, Ushiba J, Cracchiolo A: The results of a primary and staged pantalar arthrodesis and tibiotalocalcaneal arthrodesis in adult patients. *Foot Ankle Int* 2000; 21:182-94.

156. Anderson T, Linder L, Rydholm U, Montgomery F, Nesjakow J, Carlsson A. Tibio-talocalcaneal arthrodesis as a primary procedure using a retrograde intramedullary nail. A retrospective study of 26 patients with rheumatoid arthritis. *Acta orthop* 2005; 76:580-7.
157. Papa J, Myerson M, Girard P. Salvage, with arthrodesis, in intractable diabetic neuropathic arthropathy of the foot and ankle. *J Bone Joint Surg (Am)* 1993; 75-A:1056-66.
158. Boer R, Mader K, Pennig D, Verheyen CC. Tibiototalcaneal arthrodesis using a reamed retrograde locking nail. *Clin Orthop Relat Res* 2007; 463:151-6.
159. De Smet K, De Brauer V, Burssens P, Van Ovost E, Verdonk R. Tibiocalcaneal Marchetti-Vicenzi nailing in revision arthrodesis for posttraumatic pseudarthrosis of the ankle. *Acta Orthop Belg.* 2003; 69:42-8.
160. Fox I, Shapero C, Kennedy A. Tibiototalcaneal arthrodesis with intramedullary interlocking nail fixation. *Clin Podiatr Med Surg* 2000; 17:19-31.
161. Goebel M, Gerdesmeyer L, Mückley T, Schmitt-Sody M, Diehl P, Stienstra J, et al. Retrograde intramedullary nailing in tibiototalcaneal arthrodesis: a short-term, prospective study. *J Foot Ankle Surg.* 2006; 45:98-106.
162. Grass R, Rammelt S, Biewener A, Zwipp H. Arthrodesis of the ankle joint. *Clin Podiatr Med Surg* 2004; 21:161-78.
163. Grass R. [Tibiototalcaneal arthrodesis using a distally introduced femur nail (DFN)]. *Oper Orthop Traumatol.* 2005; 17:426-41.
164. Hammett R, Hepple S, Forster B, Winson I. Tibiototalcaneal (hindfoot) arthrodesis by retrograde intramedullary nailing using a curved locking nail. The results of 52 procedures. *Foot Ankle Int* 2005; 26:810-5.
165. Mendicino R, Catanzariti A, Saltrick K, Dombek M, Tullis B, Statler T, et al. Tibiototalcaneal arthrodesis with retrograde intramedullary nailing. *J Foot Ankle Surg* 2004; 43:82-6.
166. Millett P, O'Malley M, Tolo E, Gallina J, Fealy S, Helfet D. Tibiototalcaneal fusion with a retrograde intramedullary nail: clinical and functional outcomes. *Am J Orthop* 2002; 31:531-6.
167. Niiniuki T, Klemola T, Leppilahti J. Tibiototalcaneal arthrodesis with a compressive retrograde intramedullary nail: a report of 34 consecutive patients. *Foot Ankle Int* 2007; 28:431-4.

168. Bishop AT, Wood MB, Sheetz KK. Arthrodesis of the ankle with a free vascularized autogenous bone graft. *J Bone Joint Surg (Am)* 1995; 77-A: 1867-75.
169. Ebraheim N, Elgafy H, Stefancin J. Intramedullary fibular graft for tibiototalcalcaneal arthrodesis. *Clin Orthop Relat Res* 2001; 385:165-9.
170. Schill S. Interpositionsarthrodese des Sprunggelenks als Rückzug nach fehlgeschlagener Endoprothese. *Oper Orthop Traumatol.* 2007; 19:547-60.
171. Mader K, Verheyen C, Gausepohl T, Pennig D. Minimally invasive ankle arthrodesis with a retrograde locking nail after failed fusion. *Strategies Trauma Limb Reconstr* 2007; 2:39-47.
172. Sekiya H, Horii T, Kariya Y, Hoshino Y. Arthroscopic-assisted tibio-talo-calcaneal arthrodesis using an intramedullary nail with fins: a case report. *J Foot Ankle Surg* 2006; 45:266-70.
173. Said E, Hunka L, Siller T. Where ankle fusion stands today. *J Bone Joint Surg (Br)* 1978; 60-B:211-4.
174. Küntscher G. *Praxis der Marknagelung.* Stuttgart: Schattauer, 1962. p:349
175. Adams J. Arthrodesis of the ankle joint; experiences with the transfibular approach. *J Bone Joint Surg (Am).* 1948; 30-B:506-11.
176. Fujimori J, Yoshino S, Koiwa M, Nakamura H, Shiga H, Nagashima S. Ankle arthrodesis in rheumatoid arthritis using an intramedullary nail with fins. *Foot Ankle Int* 1999; 20:485-90.
177. Madezo P, de Cussac J, Gouin F, Bainvel J, Passuti N. Arthrodèse combinée tibio-taliene et sous-talienne par clou transplantaire Dans Larreyre pied rheumatoide. *Rev Chir Orthop* 1998; 84:646-52.
178. Stone K, Helal B. A method of ankle stabilization. *Clin Orthop Relat Res* 1991; 268:102-6.
179. Cobi L, Ferris LR, Hall R. Stress fracture of the tibia after arthrodesis of the ankle or the hindfoot. *J Bone Joint Surg (Am)* 1997; 79-A:558-64.
180. Thordarson D, Chang D. Stress fractures and tibial cortical hypertrophy after tibiototalcalcaneal arthrodesis with an intramedullary nail. *Foot Ankle Int* 1999; 20:497-500.
181. Flock T, Ishikawa S, Hecht P, Wapner K. Heel anatomy for retrograde tibiototalcalcaneal roddings: a roentgenographic and anatomic analysis. *Foot Ankle Int* 1997; 18:233-5.
182. Stephenson K, Kile T, Graves S. Estimating the insertion site during retrograde intramedullary tibiototalcalcaneal arthrodesis. *Foot Ankle Int* 1996; 17:781-2.

183. Ahlberg A, Henricson AS. Late results of ankle fusion. *Acta Orthop Scand* 1981; 52:103-5
184. Roukis T. Determining the insertion site for retrograde intramedullary nail fixation of tibiototalcalcaneal arthrodesis: a radiographic and intraoperative anatomical landmark analysis. *J Foot Ankle Surg* 2006; 45:227-34.
185. Caron M, Kron E, Saitrick KR. Tibiotalar joint arthrodesis for the treatment of severe ankle joint degeneration secondary to rheumatoid arthritis. *Clin Podiatr Med Surg* 1999; 16:337-61.
186. Berend ME, Glisson RR, Nunley JA. A biomechanical comparison of intramedullary nail and crossed lag screw fixation for tibiototalcalcaneal arthrodesis. *Foot Ankle Int* 1997; 18:639-43.
187. Santangelo JR, Glisson RR, Garras DN, Easley ME. Tibiototalcalcaneal arthrodesis: a biomechanical comparison of multiplanar external fixation with intramedullary fixation. *Foot Ankle Int* 2008; 29:936-41.
188. Mückley T, Hoffmeier K, Klos K, Petrovitch A, von Odenburg G, Hofmann GO. Angle-stable and compressed angle-stable locking for tibiototalcalcaneal arthrodesis with retrograde intramedullary nails. *J Bone Joint Surg (Am)* 2008; 90-A:620-7.
189. Mueckley TM, Eichorn S, von Oldenburg G, Speitling A, DiCicco JD, Hofmann GO, et al. Biomechanical evaluation of primary stiffness of tibiotalar arthrodesis with an intramedullary compression nail and four other fixation devices. *Foot Ankle Int* 2006; 27:814-20.
190. Bennett GL, Cameron B, Njus G, Saunders M, Kay DB. Tibiototalcalcaneal arthrodesis: a biomechanical assessment of stability. *Foot Ankle Int* 2005; 26:530-6.
191. O'Neill PJ, Parks BG, Walsh R, Simmons LM, Schon LC. Biomechanical analysis of screw-augmented intramedullary fixation for tibiototalcalcaneal arthrodesis. *Foot Ankle Int* 2007; 28:804-9.
192. Means KR, Parks BG, Nguyen A, Schon LC. Intramedullary nail fixation with posterior-to-anterior compared to transverse distal screw placement for tibiototalcalcaneal arthrodesis: a biomechanical investigation. *Foot Ankle Int* 2006; 27:1137-42.
193. Fragomen AT, Meyers KN, Davis N, Shu H, Wright T, Rozbruch SR. A biomechanical comparison of micromotion after ankle fusion using 2 fixation: intramedullary arthrodesis nail or Ilizarov external fixator. *Foot Ankle Int* 2008; 29:334-41.

194. Thordarson DB, Markolf KL, Cracchiolo A. Arthrodesis of the ankle with cancellous-bone screws and fibular strut graft. *J Bone Joint Surg (Am)* 1990; 72-A:1359-63.
195. Thordarson DB, Markolf KL, Cracchiolo A. Stability of an ankle arthrodesis fixed by cancellous-bone screws compared with that by an external fixator. *J Bone Joint Surg (Am)* 1992; 74-A:1050-5.
196. Boobbyer G. The long-term results of ankle arthrodesis. *Acta Orthop Scand* 1981; 52:107-10.
197. Linch AF, Bourne RB, Rodabeck CH. The long-term results of ankle arthrodesis. *J Bone Joint Surg (Am)* 1988; 70-A: 113-6.
198. Muir D, Angliss R, Nattrass G, Graham H. Tibiotalocalcaneal arthrodesis for severe calcaneovalgus deformity in cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 2005; 25:651-6.
199. Thomas R, Daniels TR. Ankle arthritis. *J Bone Joint Surg (Am)* 2003; 85-A: 923-36.
200. Fuchs S, Sandmann C, Skawara A, Chylarecki C. Quality of life 20 years after arthrodesis of the ankle. A study of adjacent joints. *J Bone Joint Surg (Br)* 2003; 85-B:994-8.
201. Salem KH, Kinz L, Schmelz A. Ankle arthrodesis using Ilizatov ring fixators: a review of 22 cases. *Foot Ankle Int* 2006; 27:764-70.
202. Calvisi V, Lupparelli S, de Vicentiis, Zanoli G. Comorbidity-related quality of life in anterior cruciate ligament insufficiency. *Acta Orthop Scand* 2008; 79:519-25.
203. Pynsent P, Fairbank J, Carr A (eds). Outcome measures in orthopaedics and orthopaedic trauma. Arnold, London, 2004.
204. Pynsent PB. Choosing an outcome measure. *J Bone Joint Surg (Br)* 2001; 83-B:792-4.
205. Radnay C, Clare M, Sanders R. Subtalar fusion after displaced intra-articular calcaneal fractures: does initial operative treatment matter? *J Bone Joint Surg (Am)* 2009; 91-A:541-6.
206. Keller SD, Bayliss MS, Ware JE Jr, Hsu MA, Damiano AM, Goss TF. Comparison of responses to SF-36 Health Survey questions with one-week and four-week recall periods. *Health Serv Res* 1997; 32:367-84.
207. Kosinski M, Keller SD, Ware JE, Hatoum HT, Kong SX. The SF-36 Health Survey as a generic outcome measure in clinical trials of patients with osteoarthritis and rheumatoid arthritis: relative validity of scales in relation to clinical measures of arthritis. *Med Care* 1999; 37(suppl 5):S3-39.



208. Krousel-Wood MA. Predicting work status for patients in an occupational medicine setting who report back pain. *Arch Fam Med* 1994; 3:349-55.
209. Keller SD, Ware JE, Hatoum HT. The SF-36 arthritis-specific Elath index (ASHI): II. Test of validity in four clinical trials. *Med Care* 1999; 60(suppl 5): 60.
210. Campbell DT, Fiske DW. Convergent and discriminant validation by the multitrait-multimethods matrix. *Psychol Bull* 1959; 56:81-105.
211. Demottaz J, Mazur J, Thomas W, Sledge C, Simon S. Clinical study of total ankle replacement with gait analysis. A preliminary report. *J Bone Joint Surg (Am)*. 1979; 61-A:976-88.
212. Hefti F, Baumann J, Morscher E. Ankle joint fusion - determination of optimal position by gait analysis. *Arch Orthop Trauma Surg* 1980; 96:187-95.
213. Núñez Samper M. Artroplastia modular de tobillo. *Rev Ortop Traumatol* 2007; 51:42-50.
214. Valderrabano V, Horisberger M, Russell I, Dougall H, Hintermann B. Etiology of ankle osteoarthritis. *Clin Orthop Relat Res* 2009; 467:1800-6.
215. Khazzam M, Long J, Marks R, Harris G. Preoperative gait characterization of patients with ankle arthrosis. *Gait&Posture* 2006; 24:85-93.
216. Shih L, Wu J, Lo W. Changes in gait and maximum ankle torque in patients with ankle arthritis. *Foot Ankle* 1993; 14:97-103.
217. Takakura Y, Tanaka Y, Sugimoto K, Akiyama K, Tamai S. Long-term results of arthrodesis for osteoarthritis of the ankle. *Clin Orthop Relat Res* 1999; 361:178-85.
218. Wu W, Su F, Cheng Y, Huang P, Chou Y, Chou C. Gait analysis after ankle arthrodesis. *Gait Posture*. 2000; 11:54-61.
219. Jackson A, Glasgow M. Tarsal hypermobility after ankle fusion-fact or fiction? *J Bone Joint Surg (Br)* 1979; 61-B:470-3.
220. Schaap E, Huy J, Tonino A. Long-term results of arthrodesis of the ankle. *Int Orthop* 1990; 14:9-12.
221. Kimberly AG. Malunited fractures affecting the ankle joint. *Surg Gynecol Obst.* 1936; 62:79-84.
222. Kennedy JG, Hodgkins CW, Brodsky A, Bohne WH. Outcomes after standardized screw fixation technique of ankle arthrodesis. *Clin Orthop Relat Res* 2006; 447:112-8.
223. Richter M, Frink M, Zech S. A validated method for static intraoperative biomechanical assessment. *Foot Ankle Int* 2006; 27:833-42.

224. Richter M, Zech S. Computer assisted surgery (CAS) guided arthrodesis of the foot and ankle: an analysis of accuracy in 100 cases. *Foot Ankle Int* 2008; 29:1235-42.
225. Komistek RD, Stiehl JB, Buechel FF. A determination of ankle kinematics using fluoroscopy. *Foot Ankle Int* 2000; 21:343-50.
226. Katsenis D, Bhavre A, Paey D. Treatment of malunion and nonunion at the site of ankle fusion with the Ilizarov apparatus. *J Bone Joint Surg (Am)* 2005; 87-A:302-9.
227. Duquennoy A, Mestdagh H, Tillie B. Résultats fonctionnels de l'arthrodèse tibio-tarsienne. A propos de 52 cas revus. *Rev Chir Orthop* 1985; 71:251-61.
228. Astion D, Deland J, Otis J, Kenneally S. Motion of the hindfoot after simulated arthrodesis. *J Bone Joint Surg (Am)* 1997; 79-A:241-6.
229. Sealey RJ, Myerson MS, Molloy A, Gamba C, Jeng C, Kalesan B. Sagittal plane motion of the hindfoot following ankle arthrodesis: A prospective analysis. *Foot Ankle Int* 2009; 30:187- 96.
230. Abdo RV, Wasilewski SA. Ankle arthrodesis: A long-term study. *Foot Ankle* 1992; 13:307-12.
231. Kitaoka HB, Patzer GL. Arthrodesis for the treatment of arthrosis of the ankle and osteonecrosis of the talus. *J Bone Joint Surg (Am)* 1998; 80-A: 370-9.
232. Kitaoka HB. Arthrodesis of the ankle: Technique, complications and salvage treatment. *AAOS Instr Course Lect* 1999; 48:255-61.
233. Saltzman CL, Mann RA, Ahrens J, Amendola A, Anderson RB, Berlet GC, et al. Prospective controlled trial of STAR total ankle replacement versus ankle fusion: initial results. *Foot & Ankle Int* 2009; 30:579-96.
234. Saltzman CL. Perspective on total ankle replacement. *Foot Ankle Clin* 2000; 5:761-75.
235. Papa J, Myerson M. Pantalar and tibiotalar calcaneal arthrodesis for post-traumatic osteoarthritis of the ankle and hindfoot. *J Bone Joint Surg (Am)* 1992; 74-A:1042-9.
236. Pell RE, Myerson MS, Schon LC. Clinical outcome after primary triple arthrodesis. *J Bone Joint Surg (Am)* 2000; 82-A:47-57.
237. Pinzur MS, Kelikian A. Charcot ankle fusion with a retrograde locked intramedullary nail. *Foot Ankle Int* 1997; 18:699-704.
238. Pinzur MS. Current concepts review: Charcot arthropathy of the foot and ankle. *Foot Ankle Int* 2007; 28:952-9.

239. Beyaert C, Sirveaux F, Paysant J, Molè D, André J. The effect of tibio-talar arthrodesis on foot kinematics and ground reaction force progression during walking. *Gait&Posture* 2004; 20:84-91.
240. Deteremblem C, Leemrijse T. The effects of total ankle replacement on gait disability: Analysis of energetic and mechanical variables. *Gait&Posture* 2009; 29:270-4.
241. Haverstock BD, Mandracchia VJ. Cigarette smoking and bone healing: implications in foot and ankle surgery. *J Foot Ankle Surg* 1998; 37:69-74.
242. Perlman MH, Thordarson DB. Ankle fusion in a high-risk population: an assessment of non-union risk factors. *Foot Ankle Int* 1999; 20:491-6.
243. Salem KH. Long-term results with the Ilizarov technique for tibiocalcaneal fusion. *Orthopaedics* 2008; 31:130-4.
244. Benirschke S, Kramer P. Wound healing complications in closed and open calcaneal fractures. *J Orthop Trauma* 2004; 18:1-6.
245. Perry CR, Pearson RL, Miller GA. Accuracy of cultures of material from swabbing of the superficial aspect of the wound and needle biopsy in the preoperative assessment of osteomyelitis. *J Bone Joint Surg (Am)* 1991; 73-A:745-9.
246. Kenzora JE, Simmons SC, Burgess AR; Edwards CC. External fixation arthrodesis of the ankle joint following trauma. *Foot Ankle* 1986; 7:49-61.
247. Scranton PE, Fu FH, Brown TD. Ankle arthrodesis: a comparative clinical and biomechanical evaluation. *Clin Orthop Relat Res* 1980; 151:234-43.
248. Scranton PE. Use of internal compression in arthrodesis of the ankle. *J Bone Joint Surg (Am)* 1985; 67-A:550-5.
249. Mendoca DA, Cosker T, Makwana NK. Vacuum-assisted closure to aid wound healing in foot and ankle surgery. *Foot Ankle Int* 2005; 26:761-76.
250. Bibbo C, Goldberg JW. Infectious and healing complications after elective orthopaedic foot and ankle surgery during tumor necrosis factor-alpha inhibition therapy. *Foot Ankle Int* 2004; 25:331-5.
251. Hagen RJ. Ankle arthrodesis. Problems and pitfalls. *Clin Orthop Relat Res* 1986; 202:152-62.
252. Lance EM, Paval A, Fries I, Larsen I, Patterson RL Jr. Arthrodesis of the ankle joint. A follow-up study. *Clin Orthop Relat Res* 1979; 142:146-58.
253. Lidor C, Ferris LR, Hall R, Alexander IJ, Nunley JA. Stress fracture of the tibia after arthrodesis of the ankle or the hindfoot. *J Bone Joint Surg (Am)* 1997; 79-A:558-64.

254. Houdijk H, Doets H. Joint stiffness of the ankle during walking after successful mobile-bearing total ankle replacement. *Gait&Posture* 2008; 27:115-9.
255. Gross RH. Leg length discrepancy: how much is too much? *Orthopedics* 1978; 1:307-10.
256. Moseley CF. Leg-length discrepancy. En: Morrissy RT, Weinstein SL (eds.) Lovell & Winter's Pediatric Orthopaedics, vol. 2. 6<sup>th</sup> edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2006. P:1234-6.
257. Buchholz HW, Engelbrecht E, Siegel A. Complete ankle joint endoprosthesis type "St. Georg". *Chirurg* 1973; 44:241-4.
258. Lord G, Marotte JH. Total ankle prosthesis. Technic and first results. Apropos of 12 cases. *Rev Chir Orthop* 1973; 59:139-51.
259. Johl C, Kircher J, Pohlmann K, Jansson V. Management of failed total ankle replacement with a retrograde short femoral nail. *J Orthop Trauma* 2006; 20:60-5.
260. Hintermann B, Barg A, Knupp M, Valderrabano V. Conversion of painful ankle arthrodesis to total ankle arthroplasty. *J Bone Joint Surg (Am)* 2009; 91-A:850-8.
261. Ingrosso S, Benedetti MG. Gait analysis in patients operated with a novel total ankle prosthesis. *Gait & Posture* 2009; 30:132-7.
262. Barg AJ, Hinterman B. Take down of painful ankle fusion and conversion into total ankle arthroplasty. *AAOS* 2008.
263. Claridge R, Sagherian B. Intermediate term outcome of the Agility total ankle arthroplasty. *Foot Ankle Int* 2009; 30:824-35.
264. Soo-Hoo NF, Zingmond DS, Ko CY. Comparison of reoperation rates following ankle arthrodesis and total ankle arthroplasty. *J Bone Joint Surg (Am)* 2007; 89-A:2143-9.
265. Spirt A, Assal M, Hansen SJ. Complications and failure after total ankle arthroplasty. *J Bone Joint Surg (Am)* 2004; 86-A:1172-8.
266. Haddad SL, Coetzee JC, Estok R, Fahrbach K, Banel D, Nalysnyk L. Intermediate an long term outcomes of total ankle arthroplasty and ankle arthrodesis. A systematic review of the literature. *J Bone Joint Surg (Am)* 2007; 89-A:1899-905.
267. Doets H, Brand R, Nelissen R. Total ankle arthroplasty in inflammatory joint disease with use of two mobile-bearing designs. *J Bone Joint Surg (Am)* 2006; 88-A:1272-84.

268. Hobson SA, Karantana A, Dhar S. Total ankle replacement in patients with significant pre-operative deformity of the hindfoot. *J Bone Joint Surg (Br)* 2009; 91-B:481-6.
269. Wood P, Deakin S. Total ankle replacement. The results in 200 ankles. *J Bone Joint Surg (Br)* 2003; 85-B:334-41.
270. Wood P, Prem H, Sutton C. Total ankle replacement: medium-term results in 200 Scandinavian total ankle replacements. *J Bone Joint Surg (Br)* 2008; 90-B:605-9.
271. Wood P, Sutton C, Mishra V, Suneja R. A randomised, controlled trial of two mobile-bearing total ankle replacements. *J Bone Joint Surg (Br)*. 2009; 91-B:69-74.
272. Doets H, Middelkoop M. Gait analysis after successful mobile bearing total ankle replacement. *Foot Ankle Int* 2007; 28:313-22.
273. Knecht S, Estin M, Callaghan J, Zimmerman M, Alliman K, Alvine F, et al. The Agility total ankle arthroplasty. Seven to sixteen-year follow-up. *J Bone Joint Surg (Am)* 2004; 86-A:1161-71.
274. Hurowitz E, Gould J, Fleisig G, Fowler R. Outcome analysis of agility total ankle replacement with prior adjunctive procedures: two to six year followup. *Foot Ankle Int* 2007; 28:308-12.
275. Gill LH. Challenges in total ankle arthroplasty. *Foot Ankle Int* 2004; 25:195-207.
276. Anderson T, Montgomery F, Carlsson A. Uncemented STAR total ankle prostheses. Three to eight-year follow-up of fifty-one consecutive ankles. *J Bone Joint Surg (Am)* 2003; 85-A:1321-9.
277. Valderrabano V, Pagenstert G, Horisberger M, Knupp M, Hintermann B. Sports and recreation activity of ankle arthritis patients before and after total ankle replacement. *Am J Sports Med* 2006; 34:993-9.
278. San Giovanni TP, Keblish DJ, Thomas WH, Wilson MG. Eight-year results of a minimally constrained total ankle arthroplasty. *Foot Ankle Int* 2006; 27:418-26.
279. Kofoed H. Concept and use of the Scandinavian total ankle replacement. *Foot Ankle Spec* 2009; 2:89-94.
280. Bonnin M, Laurent JR. Ankle function and sports activity after total ankle arthroplasty. *Foot Ankle Int* 2009; 30:933-44.
281. Valderrabano V, Nigg B, Hintermann B, Goepfert B, Dick W, Frank C, et al. Muscular lower leg asymmetry in middle-aged people. *Foot Ankle Int* 2007; 28:242-9.

282. Valderrabano V, Nigg B, von Tscharner V, Stefanyshyn D, Goepfert B, Hintermann B. Gait analysis in ankle osteoarthritis and total ankle replacement. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2007; 22:894-904.

283. Zerahn B, Kofoed H. Bone mineral density, gait analysis and patient satisfaction before and after total ankle arthroplasty. *Foot Ankle Int* 2003; 25:208-14.

284. Naal FD, Impellizzeri FM, Loibl M. Habitual physical activity and sports participation after ankle arthroplasty. *Am J Sports Med* 2009; 37:95-102.



## ANEXO I

### CUESTIONARIO DE SALUD SF-36 VERSIÓN ESPAÑOLA 1.4 (junio de 1999)

#### INSTRUCCIONES

Las preguntas que siguen se refieren a lo que usted piensa sobre su salud. Sus respuestas permitirán saber cómo se encuentra usted y hasta qué punto es capaz de hacer sus actividades habituales.

Conteste cada pregunta tal como se indica. Si no está seguro/a de cómo responder a una pregunta, por favor conteste lo que le parezca más cierto.

Copyright© 1995 Medical Outcomes Trust

All rights reserved.

#### MARQUE UNA SOLA RESPUESTA

1. En general, usted diría que su salud es:

- 1 Excelente
- 2 Muy buena
- 3 Buena
- 4 Regular
- 5 Mala

2. ¿Cómo diría que es su salud actual, comparada con la de hace un año?

- 1 Mucho mejor ahora que hace un año
- 2 Algo mejor ahora que hace un año
- 3 Más o menos igual que hace un año
- 4 Algo peor ahora que hace un año
- 5 Mucho peor ahora que hace un año

#### LAS SIGUIENTES PREGUNTAS SE REFIEREN A ACTIVIDADES O COSAS QUE USTED PODRÍA HACER EN UN DÍA NORMAL.

3. Su salud actual, ¿le limita para hacer esfuerzos intensos, tales como correr, levantar objetos pesados, o participar en deportes agotadores?

- 1 Sí, me limita mucho
- 2 Sí, me limita un poco
- 3 No, no me limita nada

4. Su salud actual, ¿le limita para hacer esfuerzos moderados, como mover una mesa, pasar la aspiradora, jugar a los bolos o caminar más de una hora?

- 1 Sí, me limita mucho
- 2 Sí, me limita un poco
- 3 No, no me limita nada

5. Su salud actual, ¿le limita para coger o llevar la bolsa de la compra?

- 1 Sí, me limita mucho
- 2 Sí, me limita un poco
- 3 No, no me limita nada

6. Su salud actual, ¿le limita para subir varios pisos por la escalera?

- 1 Sí, me limita mucho
- 2 Sí, me limita un poco
- 3 No, no me limita nada

7. Su salud actual, ¿le limita para subir un solo piso por la escalera?

- 1 Sí, me limita mucho
- 2 Sí, me limita un poco
- 3 No, no me limita nada

8. Su salud actual, ¿le limita para agacharse o arrodillarse?

- 1 Sí, me limita mucho
- 2 Sí, me limita un poco
- 3 No, no me limita nada

9. Su salud actual, ¿le limita para caminar un kilómetro o más?

- 1 Sí, me limita mucho
- 2 Sí, me limita un poco
- 3 No, no me limita nada

10. Su salud actual, ¿le limita para caminar varias manzanas (varios centenares de metros)?

- 1 Sí, me limita mucho
- 2 Sí, me limita un poco
- 3 No, no me limita nada

11. Su salud actual, ¿le limita para caminar una sola manzana (unos 100 metros)?

- 1 Sí, me limita mucho
- 2 Sí, me limita un poco
- 3 No, no me limita nada

12. Su salud actual, ¿le limita para bañarse o vestirse por sí mismo?

- 1 Sí, me limita mucho
- 2 Sí, me limita un poco
- 3 No, no me limita nada

#### LAS SIGUIENTES PREGUNTAS SE REFIEREN A PROBLEMAS EN SU TRABAJO O EN SUS ACTIVIDADES COTIDIANAS.

13. Durante las 4 últimas semanas, ¿tuvo que reducir el tiempo dedicado al trabajo o a sus actividades cotidianas, a causa de su salud física?



- 1 Sí
- 2 No

14. Durante las 4 últimas semanas, ¿hizo menos de lo que hubiera querido hacer, a causa de su salud física?

- 1 Sí
- 2 No

15. Durante las 4 últimas semanas, ¿tuvo que dejar de hacer algunas tareas en su trabajo o en sus actividades cotidianas, a causa de su salud física?

- 1 Sí
- 2 No

16. Durante las 4 últimas semanas, ¿tuvo dificultad para hacer su trabajo o sus actividades cotidianas (por ejemplo, le costó más de lo normal), a causa de su salud física?

- 1 Sí
- 2 No

17. Durante las 4 últimas semanas, ¿tuvo que reducir el tiempo dedicado al trabajo o a sus actividades cotidianas, a causa de algún problema emocional (como estar triste, deprimido, o nervioso)?

- 1 Sí
- 2 No

18. Durante las 4 últimas semanas, ¿hizo menos de lo que hubiera querido hacer, a causa de algún problema emocional (como estar triste, deprimido, o nervioso)?

- 1 Sí
- 2 No

19. Durante las 4 últimas semanas, ¿no hizo su trabajo o sus actividades cotidianas tan cuidadosamente como de costumbre, a causa de algún problema emocional (como estar triste, deprimido, o nervioso)?

- 1 Sí
- 2 No

20. Durante las 4 últimas semanas, ¿hasta qué punto su salud física o los problemas emocionales han dificultado sus actividades sociales habituales con la familia, los amigos, los vecinos u otras personas?

- 1 Nada
- 2 Un poco
- 3 Regular
- 4 Bastante
- 5 Mucho

21. ¿Tuvo dolor en alguna parte del cuerpo durante las 4 últimas semanas?

- 1 No, ninguno
- 2 Sí, muy poco
- 3 Sí, un poco
- 4 Sí, moderado
- 5 Sí, mucho
- 6 Sí, muchísimo

22. Durante las 4 últimas semanas, ¿hasta qué punto el dolor le ha dificultado su trabajo habitual (incluido el trabajo fuera de casa y las tareas domésticas)?

- 1 Nada
- 2 Un poco
- 3 Regular
- 4 Bastante
- 5 Mucho

**LAS PREGUNTAS QUE SIGUEN SE REFIEREN A CÓMO SE HA SENTIDO Y CÓMO LE HAN IDO LAS COSAS DURANTE LAS 4 ÚLTIMAS SEMANAS. EN CADA PREGUNTA RESPONDA LO QUE SE PAREZCA MÁS A CÓMO SE HA SENTIDO USTED.**

23. Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió lleno de vitalidad?

- 1 Siempre
- 2 Casi siempre
- 3 Muchas veces
- 4 Algunas veces
- 5 Sólo alguna vez
- 6 Nunca

24. Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo estuvo muy nervioso?

- 1 Siempre
- 2 Casi siempre
- 3 Muchas veces
- 4 Algunas veces
- 5 Sólo alguna vez
- 6 Nunca

25. Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió tan bajo de moral que nada podía animarle?

- 1 Siempre
- 2 Casi siempre
- 3 Muchas veces
- 4 Algunas veces
- 5 Sólo alguna vez
- 6 Nunca

26. Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió calmado y tranquilo?

- 1 Siempre
- 2 Casi siempre
- 3 Muchas veces

- 4 Algunas veces
- 5 Sólo alguna vez
- 6 Nunca

27. Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo tuvo mucha energía?

- 1 Siempre
- 2 Casi siempre
- 3 Muchas veces
- 4 Algunas veces
- 5 Sólo alguna vez
- 6 Nunca

28. Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió desanimado y triste?

- 1 Siempre
- 2 Casi siempre
- 3 Muchas veces
- 4 Algunas veces
- 5 Sólo alguna vez
- 6 Nunca

29. Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió agotado?

- 1 Siempre
- 2 Casi siempre
- 3 Muchas veces
- 4 Algunas veces
- 5 Sólo alguna vez
- 6 Nunca

30. Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió feliz?

- 1 Siempre
- 2 Casi siempre
- 3 Muchas veces
- 4 Algunas veces
- 5 Sólo alguna vez
- 6 Nunca

31. Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió cansado?

- 1 Siempre
- 2 Casi siempre
- 3 Muchas veces
- 4 Algunas veces
- 5 Sólo alguna vez

- 6 Nunca

32. Durante las 4 últimas semanas, ¿con qué frecuencia la salud física o los problemas emocionales le han dificultado sus actividades sociales (como visitar a los amigos o familiares)?

- 1 Siempre
- 2 Casi siempre
- 3 Muchas veces
- 4 Algunas veces
- 5 Sólo alguna vez
- 6 Nunca

**POR FAVOR, DIGA SI LE PARECE CIERTA O FALSA CADA UNA DE LAS SIGUIENTES FRASES.**

33. Creo que me pongo enfermo más fácilmente que otras personas.

- 1 Totalmente cierta
- 2 Bastante cierta
- 3 No lo sé
- 4 Bastante falsa
- 5 Totalmente falsa

34. Estoy tan sano como cualquiera.

- 1 Totalmente cierta
- 2 Bastante cierta
- 3 No lo sé
- 4 Bastante falsa
- 5 Totalmente falsa

35. Creo que mi salud va a empeorar.

- 1 Totalmente cierta
- 2 Bastante cierta
- 3 No lo sé
- 4 Bastante falsa
- 5 Totalmente falsa

36. Mi salud es excelente.

- 1 Totalmente cierta
- 2 Bastante cierta
- 3 No lo sé
- 4 Bastante falsa
- 5 Totalmente falsa

**ANEXO II**  
**VALORACIÓN DEL TOBILLO (MAZUR et al)**

<b>DOLOR</b>		muleta siempre	3
No	50	Dos muletas o bastones	1
ligero al subir o bajar escaleras o caminar largas distancias	45	andador o inestabilidad andar	0
moderado al subir o bajar escaleras o caminar largas distancias: no durante camino llano; ocasional sin necesidad de medicación	40	<b>TOTAL PUNTOS</b>	
camino llano, con más dolor en las escaleras, no cuando descansa, medicación analgésica diaria	25	<b>SUBIR PENDIENTES</b>	
cuando descansa o por la noche, además de cuando camina, medicación analgésica diaria	10	normal	3
continuo, independiente de la actividad	0	Con rotación externa pie	2
<b>TOTAL PUNTOS</b>		sobre los dedos o apoyo externo	1
<b>FUNCIÓN: cojera antiálgica</b>		no está capacitado	0
No	6	<b>TOTAL PUNTOS</b>	
Ligero	4	<b>BAJAR PENDIENTES</b>	
Moderado	2	normal	3
Marcado	0	Con rotación externa pie	2
<b>TOTAL PUNTOS</b>		sobre los dedos o apoyo externo	1
<b>DISTANCIA</b>		no está capacitado	0
ilimitada	6	<b>TOTAL PUNTOS</b>	
4 - 6 manzanas	4	<b>SUBIR ESCALERAS</b>	
1 - 3 manzanas	2	normal	3
dentro de casa	1	necesita apoyarse en la barandilla	2
cama, silla	0	apoya con el pie sano	1
inestable a la marcha	0	no está capacitado	0
<b>TOTAL PUNTOS</b>		<b>BAJAR ESCALERAS</b>	
<b>APOYOS</b>		Normal	3
no precisa	6	Necesita barandilla	2
muleta para largas distancias	5	Apoya con el pie sano	1
		No está capacitado	0
		<b>TOTAL PUNTOS</b>	
		<b>CAPACIDAD PARA PONERSE DE PUNTILLAS</b>	
		capaz de hacerlo 10 veces	5

capaz de hacerlo 5 veces	3	5º	1
capaz de hacerlo 1 vez	1	0º	0
incapacitado	0	TOTAL PUNTOS	
TOTAL PUNTOS		MOVILIDAD: FLEXIÓN PLANTAR DESDE POSICIÓN NEUTRA	
<b>CORRER</b>		40º	5
corre tanto como desea	5	30º	4
puede correr pero con limitaciones	3	20º	3
incapacitado	0	10º	2
TOTAL PUNTOS		5º	1
MOVILIDAD: DORSIFLEXIÓN DESDE POSICIÓN NEUTRA		0º	0
40º	5	TOTAL PUNTOS	
30º	4		
20º	3	TOTAL PUNTOS	
10º	2		

**ANEXO III**  
**ESCALA AOFAS PARA LA EVALUACIÓN DEL TOBILLO Y RETROPIÉ**  
**(TOTAL 100 PUNTOS)**

<b>Dolor (40 puntos)</b>	<b>Puntos</b>
Ausente	40
Leve-ocasional	30
Moderado-diario	20
Grave-siempre presente	0
<b>FUNCIÓN (60 puntos)</b>	
<b>Actividad</b>	
Sin limitación	10
Sin limitación actividad diaria, limitación deportiva	7
Limitación actividad diaria, limitación deportiva, bastones	4
Grave limitación-muletas, andador, silla de ruedas, ortesis	0
<b>Anormalías del paso</b>	
Ninguna	8
Notable	4
15-28°	4
Marcada	0
<b>Estabilidad del tobillo (anteroposterior y varo-valgo)</b>	
Estable	8
Inestable	0
<b>Distancia máxima en cuerdas</b>	
Más de 6	5
4 a 6	4
1 a 3	2
Menos de 1	0
<b>Movilidad sagital (FD-FP)</b>	
Normal (30° o más)	8
Moderada restricción (25-74°)	3

Grave restricción (<15%)	0
<b>Alineación</b>	
Buena: pie plantígrado, pie y retropié bien alineados	10
Regular: pie plantígrado, algunos grados de desalineación , sin síntomas	5
Mala: pie no plantígrado, severa desalineación, sintomático	0
<b>Superficie de la marcha</b>	
Cualquiera	5
Algunas dificultades en terrenos desparejos-escaleras-plano inclinado	3
Graves dificultades	0
<b>Movilidad del retropié (inversión-eversión)</b>	
Normal (75-100%)	6
Grave restricción (<25%)	0

## ANEXO IV

### DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA REALIZACIÓN DE UNA ARTRODESIS DE RODILLA, TOBILLO O PIE

DON/DOÑA: .....  
(NOMBRE Y DOS APELLIDOS DEL PACIENTE) DE : ..... AÑOS DE EDAD.

CON DOMICILIO EN ..... Y DNI Nº .....

DON/DOÑA: .....  
(NOMBRE Y DOS APELLIDOS DEL PACIENTE) DE : ..... AÑOS DE EDAD.

CON DOMICILIO EN ..... Y DNI Nº .....

EN CALIDAD DE ..... (REPRESENTANTE LEGAL, FAMILIAR O  
ALLEGADO) DE : ..... (NOMBRE Y DOS  
APELLIDOS DEL PACIENTE )

DECLARO

QUE EL DOCTOR/A: .....

(NOMBRE Y DOS APELLIDOS DEL FACULTATIVO QUE PROPORCIONA LA  
INFORMACIÓN), me ha explicado que es conveniente proceder, en mi situación, a TRATAMIENTO  
QUIRÚRGICO CONSISTENTE EN ARTRODESIS DE TOBILLO.

1. El propósito principal de la intervención es aliviar el dolor producido por una articulación enferma y consecuentemente mejorar la calidad de vida del paciente (nivel de actividad, etc) a costa de eliminar el movimiento de dicha articulación.

2. La intervención precisa de anestesia, que será valorada por el servicio de Anestesiología.

3. La intervención consiste en conseguir una anquilosis o fusión ósea de una articulación patológica. Pueden utilizarse diferentes técnicas en dependencia de cada caso y de la articulación que se pretenda artrodesar. Estas posibles técnicas incluyen la fijación externa, utilización de diferentes dispositivos de fijación interna (agujas, tornillos, placas atornilladas, etc), clavos intramedulares en el caso de la rodilla, etc. Puede ser necesaria la utilización de injerto óseo del propio paciente y/o de banco.

4. Toda intervención quirúrgica tanto por la propia técnica operatoria, como por la situación vital de cada paciente (diabetes, cardiopatía, hipertensión, edad avanzada, anemia, obesidad...) lleva implícitas una serie de complicaciones comunes y potencialmente serias que podrían requerir tratamientos complementarios, tanto médicos como quirúrgicos, así como un mínimo porcentaje de mortalidad.

5. Las complicaciones de la intervención quirúrgica para LA REALIZACIÓN DE UNA ARTRODESIS DE TOBILLO pueden ser:

a. Problemas vásculo-nerviosos secundarios a la utilización del manguito de isquemia.

b. Infección de la herida quirúrgica.

c. Lesión de los vasos adyacentes. Si se afecta un gran vaso puede producirse una hemorragia masiva, lo que podría ocasionar incluso la muerte.

d. Lesión o afectación de los nervios adyacentes, lo que podría ocasionar trastornos sensitivos y/o motores que pueden ser irreversibles.

e. Enfermedad tromboembólica, que puede dar lugar, en el peor de los casos, a embolismo pulmonar y muerte.

f. Rotura o estallido del hueso que se manipula en la intervención.

g. A medio o largo plazo puede producirse el fallo del material implantado por infección, desgaste o rotura lo que puede obligar a la retirada del mismo.

h. Complicaciones cutáneas (necrosis, etc).

i. Distrofia simpático-refleja o enfermedad de Südeck.

j. Síndrome compartimental.

k. Dolor residual.

l. Puede originarse una rigidez de las articulaciones adyacentes así como un aumento de los requerimientos de energía para la deambulación.

m. Pueden presentarse asimismo parálisis, cojera, defectos de rotación y acortamiento del miembro.

n. Puede ser necesaria la transfusión de sangre, especialmente en los casos de artrodesis de rodilla.

o. Fracaso en la consecución de la fusión ósea, lo que puede originar la necesidad de nuevas intervenciones, generalmente cada vez más complejas y con mayores tasas de complicaciones y menores posibilidades de éxito. En última instancia la artrodesis puede definitivamente no conseguirse lo que podría hacer necesario el uso de dispositivos ortopédicos de forma permanente

con fines paliativos por parte del paciente.

6. Si en el momento del acto quirúrgico surgiera algún imprevisto, el equipo médico podrá variar la técnica quirúrgica programada.

He comprendido las explicaciones que se me han facilitado en un lenguaje claro y sencillo, y el facultativo que me ha atendido me ha permitido realizar todas las observaciones y me ha aclarado todas las dudas que le he planteado. También comprendo que, en cualquier momento y sin necesidad de dar ninguna explicación, puedo revocar el consentimiento que ahora presto.

Por ello, manifiesto que estoy satisfecho con la información recibida y comprendo el alcance y los riesgos del tratamiento.

Y en tales condiciones

CONSIENTO

Que se me realice TRATAMIENTO QUIRÚRGICO CONSISTENTE EN ARTRODESIS DE TOBILLO.

En .....(LUGAR Y FECHA)

Fdo: EL MÉDICO Fdo: EL PACIENTE

REVOCACIÓN

DON/DOÑA: .....

(NOMBRE Y DOS APELLIDOS DEL PACIENTE) DE : ..... AÑOS DE EDAD.

CON DOMICILIO EN ..... Y DNI Nº .....

DON/DOÑA: .....

(NOMBRE Y DOS APELLIDOS DEL PACIENTE) DE : ..... AÑOS DE EDAD.

CON DOMICILIO EN ..... Y DNI Nº .....

EN CALIDAD DE .....(REPRESENTANTE LEGAL, FAMILIAR O ALLEGADO) DE : ..... (NOMBRE Y DOS APELLIDOS DEL PACIENTE )

Revoco el consentimiento prestado en fecha ..... , y no deseo proseguir el tratamiento, que doy con esta fecha por finalizado.

En .....(LUGAR Y FECHA)

Fdo: EL MÉDICO Fdo: EL PACIENTE

(Fuente [www.secot.es](http://www.secot.es))



## **Anexo V**

### **Aportaciones científicas**

Presentaciones aceptadas en los siguientes congresos:

44 Congreso Nacional SECOT, Madrid 2007. Secuelas tras artrodesis de tobillo postraumáticas.

11th EFORT Congress Madrid, Spain. Abstract Submission Confirmation. Oral presentation. Ankle Arthrodesis, Biomechanical Analysis

Trabajos enviados o en preparación para su publicación

Grado de satisfacción de los pacientes sometidos a una artrodesis de tobillo. Resultados con escalas de valoración funcional y de calidad de vida. Enviado a la revista TRAUMA, Fundación MAPFRE (pendiente de valoración)

Análisis biomecánico de la marcha en pacientes con artrodesis de tobillo. En preparación para enviar a la Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología.

Ankle arthrodesis clinical and biomechanical outcome in twenty patients. En preparación para enviar a Gait&Posture